

Trabajo de grado

Evidencia del trabajo propioceptivo utilizado en la prevención de lesiones deportivas

Monografía para optar el título de Especialista en Educación Física: entrenamiento deportivo.

Por

Carolin Naty Ávalos Ardila avaloscaroline@gmail.com

Javier Alirio Berrío Villegas javierberrio@gmail.com

Asesor

Carlos Mario Álvarez

Licenciado en Educación Física

Especialista en Educación Física: Actividad Física y Salud

Universidad de Antioquia, Instituto Universitario de Educación Física
Especialización en Educación Física: Entrenamiento Deportivo
Medellín, Colombia, 2007.

**EVIDENCIA DEL TRABAJO PROPIOCEPTIVO UTILIZADO EN LA
PREVENCION DE LESIONES DEPORTIVAS**

**CAROLIN AVALOS ARDILA
JAVIER BERRIO VILLEGAS**

**Monografía para optar el título de Especialista en Educación Física:
entrenamiento deportivo**

Asesor

**CARLOS MARIO ÁLVAREZ
Licenciado en Educación Física
Especialista en Educación Física: Actividad Física y Salud**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
INSTITUTO DE EDUCACIÓN FÍSICA
ESPECIALIZACIÓN EN EDUCACIÓN FÍSICA:
ENTRENAMIENTO DEPORTIVO
MEDELLÍN
2007**

CONTENIDO

Introducción

1. Descripción del problema

1.1 El problema

2. Justificación

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

3.2 Objetivos específicos

4. Marco teórico

4.1 Definiciones de propiocepción

4.1.1 Mecanismos anatomo - fisiológicos que explican la propiocepción

4.2 Factores de riesgo para presentar lesiones durante la práctica deportiva

4.3 Beneficios que se derivan del entrenamiento de la propiocepción

4.4 Evidencia científica que muestra la disminución de lesiones deportivas mediante el entrenamiento de la propiocepción

4.5 Entrenamiento de la propiocepción

4.5.1 Cuantificación de la propiocepción

5. Metodología

6. Productos esperados

7. Conclusiones

8. Bibliografía

9. Guía de ejercicios de propiocepción

9.1 Cadera

9.2 Rodilla

9.3 Tobillo

INTRODUCCIÓN

Es común que cuando un deportista se lesiona, se quiera llegar a un diagnóstico adecuado, para de ahí iniciar un manejo correcto, inmediato, y así evitar complicar la salud del atleta. Una lesión deportiva puede variar desde una situación sencilla, que requiera únicamente de algún tipo de inmovilización o reposo, hasta aquellas que ponen en peligro un segmento, un sistema o incluso la muerte. De ahí la importancia de establecer un diagnóstico y tratamiento efectivos que disminuyan las secuelas de las lesiones en los atletas.

Por otro lado algunos deportistas pueden ser más propensos a las lesiones que otros, debido a razones físicas, como la mala alineación de un segmento corporal, imbalances musculares, hiperlaxitud ligamentaria, rigidez articular, entre otros.

En la ciudad de Medellín y en nuestros equipos de fútbol a nivel profesional existen pocos programas específicos de trabajo propioceptivo en deportistas, los cuales están sujetos a cambios repentinos de movimiento y a las exigencias de los entrenamientos y las competencias sobre terrenos irregulares, lo cual puede conllevar a la aparición de lesiones.

Es nuestra intención argumentar la importancia del trabajo de propiocepción, basados en la interacción compleja de conceptos teórico - prácticos y poner en evidencia que este entrenamiento es útil para la prevención de lesiones deportivas.

1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Tanto en el ámbito mundial como nacional se nota un incremento en el número de personas que practican alguna actividad deportiva, lo cual implica un aumento de la posibilidad de presentar alguna lesión osteomuscular durante dicha práctica.

En nuestro medio existe una marcada tendencia a intervenir los eventos o las patologías una vez estas se han presentado, siendo escasas las acciones preventivas, de gran relevancia en los individuos que inician el proceso o están involucrados en deportes de alta competencia.

Los trabajos de propiocepción, fuerza, coordinación, son relegados en muchas ocasiones solo para la recuperación de los deportistas ya lesionados y no se utilizan como medio para prevenir la aparición de lesiones.

1.1 EL PROBLEMA

¿Existe alguna evidencia de que el trabajo de propiocepción es útil en la prevención de lesiones deportivas?

2. JUSTIFICACIÓN

Quizás el deportista no está en una forma física adecuada, o exista en él un desequilibrio en algunas de sus capacidades físicas que le conduzcan ya sea a la fatiga, a la disminución del tiempo de reacción, a la falta de coordinación, y en el peor de los casos a una lesión de tipo osteomuscular que le cueste el abandono de la actividad deportiva.

La exploración física previa relaciona el trabajo del fisioterapeuta deportivo, con el del preparador físico como método de educación preventiva (fisioprofilaxis).

Las actividades de trabajo propioceptivo y la aplicación de medidas profilácticas correspondientes, deben garantizar la disminución en la incidencia de lesiones y la continuidad del trabajo preventivo bajo los parámetros de la evaluación, seguimiento y control.

3. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Conocer la utilidad que tiene el entrenamiento de la propiocepción en la prevención de lesiones en los deportistas de alto rendimiento, por medio de la revisión de la literatura mundial.

3.2 ESPECÍFICOS

- ❖ Conocer las diferentes metodologías existentes para el entrenamiento de la propiocepción.
- ❖ Determinar los beneficios que tiene el entrenamiento de la propiocepción en la disminución de las lesiones deportivas.
- ❖ Proponer un esquema de entrenamiento de la propiocepción como herramienta de prevención de lesiones en deportistas de alto rendimiento.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 DEFINICIONES DE PROPIOCEPCION

La propiocepción hace referencia a la capacidad del cuerpo para detectar el movimiento y posición de las articulaciones. Es importante en los movimientos comunes que se realizan a diario, especialmente en los movimientos deportivos que requieren un mayor nivel de coordinación (Saavedra, 2003; Lephart, 2003; Griffin, 2003)

El término PROPIOCEPCION ha evolucionado; hoy, se conoce como la conciencia de posición y movimiento articular, velocidad y detección de la fuerza de movimiento, la cual consta de tres componentes (Saavedra, 2003; Lephart, 2003):

- a. Estetesia: Provisión de conciencia de posición articular estática.
- b. Cenestesia: Conciencia de movimiento y aceleración.
- c. Actividades efectoras: Respuesta refleja y regulación del tono muscular.

Sherrington (1906) describe la propiocepción como la información sensorial que contribuye al sentido de la posición propia y al movimiento. Actualmente ésta incluye la conciencia de posición y movimiento articular, velocidad y detección de la fuerza de movimiento (Saavedra, 2003).

La propiocepción mantiene la estabilidad articular bajo condiciones dinámicas, proporcionando el control del movimiento deseado y la estabilidad articular. La coordinación apropiada de la coactivación muscular (agonistas – antagonistas) atenúa las cargas sobre el cartílago articular (Ibid.).

La propiocepción, es entonces, la mejor fuente sensorial para proveer la información necesaria para mediar el control neuromuscular y así mejorar la estabilidad articular funcional (Lephart, 2003).

La propiocepción depende de estímulos sensoriales tales como: visuales, auditivos, vestibulares, receptores cutáneos, articulares y musculares. En la rodilla es determinada principalmente por propioceptores y mecano receptores articulares (Ruffini, corpúsculos Pacini, terminaciones nerviosas libres, órganos tendinosos de Golgi) (Saavedra, 2003).

La también llamada sensibilidad cinestésica, permite moverse en la oscuridad o de percibir la posición de las extremidades. El concepto de hacer ejercicios propioceptivos para restaurar control neuromuscular fue introducido inicialmente en programas de la rehabilitación. Fue pensado porque los ligamentos contienen mecano receptores, y una lesión a un ligamento alteraría información aferente, así que en el entrenamiento, después de una lesión, sería necesario restaurar esta función neurológica alterada. Más recientemente, las técnicas de acondicionamiento neuromuscular se han utilizado para la prevención de lesiones (Griffin, 2003).

4.1.1. MECANISMOS ANATOMO - FISIOLÓGICOS QUE EXPLICAN LA PROPIOCEPCIÓN

La propiocepción depende de estímulos sensoriales provenientes de los sistemas visual, auditivo y vestibular, de los receptores cutáneos, articulares y musculares, que son responsables de traducir eventos mecánicos ocurridos en los tejidos en señales neurológicas (Saavedra, 2003).

La propiocepción ha sido caracterizada como una variación especializada del tacto, la cual incluye la habilidad para detectar tanto la posición como el movimiento articular. La propiocepción ocurre por una compleja integración de impulsos somatosensoriales (conscientes e inconscientes) los cuales se transmiten por medio de mecanorreceptores, permitiendo el control neuromuscular de parte del atleta. (Childs, 2003; Buz, 2004)

La estabilidad dinámica articular resulta de un preciso control neuromotor de los músculos esqueléticos que atraviesan las articulaciones. La activación muscular puede ser iniciada conscientemente (orden voluntaria directa) o inconscientemente y automáticamente (como parte de un programa motor o en respuesta a un estímulo sensorial). El término control neuromuscular se refiere específicamente a la activación inconsciente de los limitantes dinámicos que rodean una articulación (Lephart, 2003; Buz, 2004).

Existen básicamente tres clases de mecanorreceptores periféricos, los cuales incluyen receptores musculares, articulares y cutáneos, responden a deformación mecánica producida en los tejidos y es enviada al sistema nervioso central, modulando constantemente el sistema neuromuscular. Las vías aferentes hacen sinapsis en el asta dorsal de la medula espinal y de allí pasan directamente o por medio de las interneuronas a las neuronas alfa y gamma, las cuales controlan la información proveniente de la periferia. La información aferente, también es procesada y modulada en otros centros de control en el sistema nervioso central como son el cerebelo y la corteza. Trabajando en forma completamente subconsciente, el cerebelo tiene un rol esencial en la planificación y modificación de las actividades motoras. El cerebelo es dividido en tres áreas funcionales, la primera es el Vestíbulo – cerebellum responsable de controlar los músculos axiales primarios que tienen que ver con el equilibrio postural; mientras que la segunda división, el cerebro – cerebellum, esta principalmente involucrada en la planificación e iniciación de movimientos que requieren precisión, rapidez y destreza. La tercera división, el espino – cerebellum, recibe información aferente somatosensorial, visual y vestibular, sirve para ajustar movimientos a través de conexiones con el bulbo raquídeo y la corteza motora. Adicionalmente, esta división regula el tono muscular por medio de motoneuronas gamma. A partir de lo anterior, los tres tipos de mecanorreceptores tienen un rol interactivo en el mantenimiento de la estabilidad articular (Childs, 2003; Buz, 2004).

Cuatro tipos de mecanorreceptores han sido descritos en la literatura (Ibid.):

1) Tipo 1: Ruffini, que tienen un bajo umbral mecánico de activación y una lenta adaptación a la deformación. Esto hace que solo estén calificados para detectar posición estática articular, presión intraarticular, límite articular, amplitud y velocidad de movimiento. Estudios histológicos han demostrado que se encuentran localizados en la bursa subacromial, ligamentos glenohomerales, cápsula del hombro, ligamentos cruzados y colaterales de la rodilla, ligamentos meniscofemorales, meniscos, ligamentos talofibular anterior y posterior, ligamentos calcáneo fibular y deltoides.

2) Tipo 2: Corpúsculos de Pacini, tienen bajo umbral de excitación y se adaptan rápidamente. Son responsables de detectar señales de aceleración y desaceleración de la articulación. Están ubicados en los ligamentos glenohomerales del hombro, cápsula articular, todos los ligamentos estabilizadores de la rodilla, meniscos y todos los ligamentos del tobillo.

3) Tipo 3: Son similares al órgano tendinoso del Golgi que se encuentra en la unión miotendinosa. Tienen un alto umbral para la excitación y no son adaptables. Responden sobre los extremos de movimiento y pueden ser responsables en la mediación de arcos reflejos de protección. Además, detectan la dirección de movimiento y la posición articular. Están presentes en los ligamentos glenohomerales del hombro, ligamentos cruzados y colaterales de la rodilla y todas las estructuras ligamentosas del tobillo.

4) Tipo 4: Son terminaciones nerviosas libres que detectan estímulos de dolor.

Los receptores musculares consisten de husos y órgano tendinoso de Golgi. El huso muscular ayuda a controlar de forma precisa la actividad muscular. La longitud y velocidad de movimiento muscular son detectadas por fibras primarias y secundarias que están íntimamente conectadas con las fibras musculares intrafusales especializadas. Las fibras primarias tipo 1, detectan el grado y frecuencia del estiramiento en el músculo, mientras que las fibras aferentes tipo 2, detectan primariamente el grado de estiramiento. Esta información es transmitida al sistema nervioso central, donde es procesada, integrada y modulada en la medula espinal, cerebelo, corteza cerebral y otros centros de control. Una vez la información es procesada, la respuesta regulatoria apropiada es transmitida de regreso al músculo por medio de vías eferentes (motoneuronas alfa y gamma), que estimulan las fibras musculares tanto intrafusales (alfa) como extrafusales (gamma), ayudando a mantener así el control preciso del movimiento. El reflejo de estiramiento muscular sobre la rodilla, es una representación clásica de que este mecanismo ocurre a nivel medular espinal. (Ibid.)

El órgano tendinoso de Golgi, localizado en el colágeno de la unión miotendinosa y posiblemente en los elementos contráctiles del músculo, responde a incrementos y disminuciones en la tensión muscular, principalmente durante la contracción muscular. La activación de ellos, produce relajación de los músculos agonistas estirados y contracción de los antagonistas. Algunos investigadores han hipotetizado que el sistema husos musculares puede ser el componente más significativo del sistema

neuromuscular durante las actividades normales de la vida diaria. Esto se debe a que los receptores articulares contribuyen con información sensorial al final del movimiento articular disponible, posiciones que no ocurren durante las actividades normales. Este sistema es especialmente activo durante la deambulación para facilitar la progresión del ciclo de marcha normal. Los receptores articulares juegan un rol mucho más significativo en el rendimiento atlético, en el cual los extremos del movimiento articular es más posible que ocurran (Ibid.).

Investigaciones han demostrado que los mecanorreceptores juegan un importante rol en la estabilización articular. Los mecanismos de retroalimentación (feedback) están mediados por numerosos reflejos protectivos, los cuales continuamente actualizan la actividad muscular. Por ejemplo, la deformación leve en los ligamentos de la rodilla ha sido demostrado produce un marcado incremento en la actividad las vías aferentes de los husos musculares, lo cual sitúa la articulación en su contexto funcional. Kim y asociados, demostraron que la estimulación de los ligamentos colaterales de la rodilla produce una contracción de los músculos que la rodean. Además, otros autores como Solomonov y cols., Buchanan y cols. desencadenaron una respuesta muscular con estimulación del ligamento cruzado anterior y con una carga aplicada en valgo y varo sobre la rodilla.

Solomonov y cols. describieron un arco del ligamento cruzado anterior – hamstring en gatos anestesiados. Altas cargas en el ligamento cruzado anterior produjeron un incremento en la actividad electromiográfica en los hamstrings con silencio eléctrico en el cuádriceps. Esta actividad electromiográfica en los hamstrings no fue evidente cuando la carga sobre el ligamento cruzado anterior fue leve o moderada. Fue propuesto que este arco reflejo del ligamento cruzado anterior – hamstrings sirve para proteger el ligamento cruzado anterior durante condiciones de alta carga. Sin embargo, es desconocido si este arco reflejo puede proteger la articulación de lesiones si las cargas altas son aplicadas rápidamente. Bajo condiciones de cargas rápidas, el ligamento puede ser cargado y roto antes de que una tensión muscular suficiente pueda ser generada para proteger el ligamento (Ibid.).

Existen otros reflejos propioceptivos que se originan desde la cápsula articular o la unión músculo - tendinosa. Esto fue demostrado por Solomonov y cols. quienes reportaron actividad mioeléctrica incrementada en los hamstrings en un paciente con deficiencia del ligamento cruzado anterior durante una prueba isokinética maximal a baja velocidad del cuádriceps. El incremento de la actividad electromiográfica ocurrió simultáneamente con luxación anterior de la tibia sobre aproximadamente 40 grados de flexión de rodilla y estuvo asociada con una disminución en el torque del cuádriceps y actividad electromiográfica. Debido a que el ligamento cruzado anterior estaba roto, el reflejo de contracción de los hamstrings pudo no haber estado mediado por receptores originados en este ligamento. Fue propuesto que este reflejo de contracción estaba mediado por receptores en la cápsula articular o en el músculo hamstrings (Childs, 2003).

Aunque el mecanismo de retroalimentación (feedback) ha sido considerado tradicionalmente el mecanismo primario de control neuromuscular, el mecanismo de anticipación o anterogrado (feedforward) que planifica programas de movimiento y activa la musculatura en base a las experiencias vividas anteriormente, también juega un papel importante en el mantenimiento de la estabilidad articular. Este mecanismo está caracterizado por el uso de información propioceptiva en preparación para cargas anticipadas o actividades que pueden ser realizadas. Este mecanismo sugiere, que un constructo interno para la estabilidad articular es desarrollado y sufre continuas actualizaciones sobre la base de experiencias previas bajo condiciones conocidas. Esta información preparatoria es acoplada con impulsos propioceptivos de tiempo real, para generar comandos motores preprogramados que permitan lograr los resultados deseados (Childs, 2003; Buz, 2004).

La lesión de una articulación puede llevar a una retroalimentación sensorial y a un control neuromuscular alterados. Con lesiones traumáticas de la rodilla, se pueden romper anatómicamente los mecanorreceptores, lo cual lleva a un deterioro del control neuromuscular. Otros sugieren que las lesiones alteran las características de movimiento articular (Childs, 2003).

Los mecanorreceptores cutáneos que rodean la articulación proveen exclusivamente información de eventos externos (exteroceptores) que afectan el sistema articular. Los receptores cutáneos en la superficie plantar se cree que juegan un importante papel en el control postural por señalización de la distribución del peso y localización del centro de masa (Buz, 2004).

Existen cuatro mecanorreceptores presentes en la piel: discos de Merkel, corpúsculos de Meissner, corpúsculos de Rufini y Pacini (Ibid.).

VÍAS PROPIOCEPTIVAS:

Tanto la sensibilidad exteroceptiva como propioceptiva caminan entremezcladas por los nervios periféricos hasta que penetran en la médula y tronco cerebral donde cada tipo de sensibilidad viaja en un fascículo propio (Ruíz, 2001).

Vías de la sensibilidad propioceptiva:

Los cuerpos celulares de la primera neurona de esta vía se localizan en los ganglios espinales cuya prolongación central penetra por las raíces posteriores en la médula, asciende por los cordones medulares posteriores hasta los núcleos grácilis y cuneatus del tronco cerebral (bulbo) donde se encuentra localizada la segunda neurona. Las segundas neuronas tienen dos destinos (Garrido, 2003):

- ❖ Una parte cruzan el rafe medio, formando el lemnisco medio, que asciende por el tronco cerebral hasta alcanzar el núcleo posterolateral y ventral del tálamo. Desde el tálamo la tercera neurona establece conexiones con la corteza parietal.
- ❖ Otra porción van al cerebelo: fascículos espinocerebelosos. Estos fascículos no proporcionan información consciente, al no llegar a niveles

corticales. Contribuyen a regular el tono muscular y permiten que el cerebelo ejerza su función de control de la postura y locomoción (Ibid.).

Vías de la sensibilidad exteroceptiva:

Penetra en la médula igualmente por las raíces posteriores y cruzando la comisura medular anterior ascienden por el cuadrante antero lateral como tracto espinotalámico, a través del tronco cerebral al tálamo (Ibid.).

VIAS CEREBELOSAS:

El cerebelo mantiene conexiones tanto aferentes como eferentes con todos los elementos del sistema del equilibrio (Ibid.).

Aferencias cerebelosas:

Reciben información de la tríada de orientación témporo-espacial: Así la información propioceptiva se la suministran los fascículos espinocerebelosos de las vías de la sensibilidad propioceptiva. Son el haz espino-cerebeloso directo que alcanza el cerebelo por el pedúnculo cerebeloso inferior y el haz cruzado que lo alcanza por el superior. Ambos haces toman contacto primero con la corteza paleocerebelosa y luego con los núcleos emboliforme y globoso del cerebelo (Ibid.).

Eferencias cerebelosas:

- ❖ Núcleos oculomotores: no están bien definidas cuales son las vías aferentes y eferente que interconectan el cerebelo y el Sistema Oculo Motor, pero es evidente que éste ejerce un control sobre los movimientos oculares.
- ❖ Núcleo rojo, a través de él conecta con la vía extrapiramidal teniendo así acceso al control de las neuronas motoras de la sustancia gris medular. Núcleos talámicos y subtalámicos a través de los cuales conecta con la corteza cerebral.
- ❖ Sustancia reticular: conectando a través de sus proyecciones ascendentes con la corteza cerebral (Ibid.).

VIAS RETICULARES

Vía retículo-espinal: las eferencias nerviosas de la formación reticular son vehiculadas por esta vía que establece conexiones homolaterales y contralaterales a lo largo de toda la médula, transmitiendo impulsos inhibidores tanto para las motoneuronas extensoras como para las flexoras, e impulsos facilitadores. Aunque anatómicamente la vía no está bien definida por la cantidad de colaterales que tiene, funcionalmente está relacionada con la mayor parte de las acciones reflejas motoras del equilibrio, incluyendo ajustes posturales en respuesta a estímulos sensoriales extravestibulares como pueden ser estímulos auditivos, visuales o táctiles (Ibid.).

VIAS MOTORAS

Las vías motoras son el elemento efector, o sistema eferente, de los reflejos del equilibrio y de la actividad consciente, voluntaria relacionada con él (Ibid.):

Vía corticoespinal piramidal: El sistema motor tiene su origen en la corteza cerebral, circunvolución frontal ascendente (área prerrolándica, o área 4 de Brodmann), también denominada área motora cortical piramidal. Su lesión supone contralateralmente hemiplejía (Ibid.).

La vía desciende desde la corteza cerebral hacia los núcleos motores de los pares craneales del tronco cerebral (haz córtico-pontino, también conocido como fascículo geniculado) y a los núcleos de las astas anteriores de toda la médula espinal (haz córtico-espinal), siendo ambas conexiones de tipo directo y cruzado. Constituye la vía motora principal transmite los órdenes para los movimientos voluntarios considerados rápidos. Gobierna la marcha mediante la transmisión de órdenes voluntarias para la contracción dinámica muscular. Al ejecutar estos movimientos voluntarios se produce una inhibición del tono muscular reflejo que mantiene el equilibrio estático (Ibid.).

Sistema extrapiramidal: Tiene su comienzo en las áreas corticales extrapiramidales. Desciende hacia el troncoencéfalo donde está constituida por una serie de centros que integran y controlan los órdenes motoras. Este sistema superpone a la acción motora piramidal, una serie de respuestas lentas de tipo postural automáticas que son también necesarias para el mantenimiento del equilibrio durante el movimiento, como por ejemplo el balanceo de los brazos (Ibid.).

Circuitos propioceptivos intramedulares

Son la expresión más simple de lo que es un feed-back negativo y constituyen el circuito monosináptico del reflejo miotático: stretch reflex. Elementos del circuito: El músculo. Este emite impulsos aferentes (cadena inversa) a través de la prolongación dendrítica de la neurona de un ganglio espinal. Estos impulsos procedentes del músculo penetran por el asta posterior medular y allí empalman directamente con las neuronas excitomotoras del asta anterior del mismo lado (Ibid.).

El impulso eferente sale por el nervio motor (cadena directa), que emergiendo por el asta anterior medular, llega al órgano efector, que es el músculo (Ibid.).

El estímulo desencadenante de este reflejo activador del circuito, es el estiramiento muscular. La función de estos circuitos es mantener el control isométrico (tono muscular) de la musculatura del esqueleto y fundamentalmente de los músculos antigravitatorios. Cuando el cuerpo está en reposo, la actividad muscular antigravitatoria consiste fundamentalmente en el mantenimiento y adecuado ajuste del tono muscular de sostén: reflejo miotático. Este tono muscular es el que fija en una determinada posición de las palancas osteomusculares del equilibrio, siendo el guardián del equilibrio en situación de

reposo. Este reflejo miotático se manifiesta en toda la musculatura del esqueleto, tenga o no relación con el equilibrio (Ibid.).

El sistema así explicado parece muy simple, pero en la realidad es más complicado, ya que son tres los circuitos encargados del control automático del tono muscular. Sobre este circuito propioceptivo intramedular de naturaleza segmentaria, reflejo e inconsciente, base elemental del equilibrio, van a ejercer su acción moduladora otros circuitos con origen en los receptores propioceptivos y con participación de los órganos de gobierno supramedulares. Estos van a intervenir mediante ordenes facilitadoras o inhibitoras, tanto de forma refleja como consciente, desencadenando contracciones isométricas e isotónicas capaces de originar movimientos para el mantenimiento constante de un equilibrio estable y el restablecimiento del equilibrio perdido (Ibid.).

Circuitos propioceptivos supramedulares (supraespinales) inconscientes

Están constituidos por feed-back (retroalimentación) negativos suprasedgmentarios y multisinápticos que tienen como función regular en todo momento el tono muscular agonista y antagonista en relación con la actitud postural del momento. Se encuentran identificados con los reflejos llamados supraespinales y van a producir respuestas más complejas y elaboradas que los anteriores, encontrándose reajustadas por un centro de gobierno que es el cerebelo (Ibid.).

Esquema del circuito: Comienza por un receptor representado por los mecanorreceptores de los husos neuromusculares; sus cilindroes aferentes, que constituyen la cadena inversa, van a penetrar en las astas posteriores de la médula donde conectan con otra segunda neurona. Tras esta sinapsis intramedular el circuito toma dos trayectos ascendentes distintos hacia el cerebelo, uno homolateral y otro heterolateral, formando los haces espino-cerebelosos directo (fascículo de Fleschsig) y cruzado (fascículo de Govers). El circuito al salir de su centro de gobierno, el cerebelo, atraviesa la línea media contactando con el núcleo rojo o de Stilling. Esta vía descendente cerebelo-rubro-espinal (vías espinocerebelosas) constituye la cadena directa o efectora que terminará en las neuronas estriomotoras del asta anterior de la médula, cuyas eferencias llegarán a los órganos ejecutores, la musculatura (Ibid.).

Circuitos propioceptivos supramedulares conscientes

A través de estos circuitos, el sistema propioceptivo suministra información consciente de la postura corporal en su conjunto y de los movimientos de las diversas partes del cuerpo, tanto en sus aspectos cuantitativos como cualitativos, siendo capaz de precisarlos en datos como la sinergia, eumetría y euergia. Esta información somatosensorial, que es muy precisa, es analizada y contrastada con la de los otros dos receptores de la tríada de información, para poder corregir cualquier actitud defectuosa en relación con el equilibrio, correcciones que se realizan tanto consciente como inconscientemente. La importancia de estos circuitos para el mantenimiento del equilibrio es capital, hasta el punto que una interrupción en los mismos, origina trastornos incompatibles con la posición ortostática en caso de faltar la información visual (Ibid.).

Esquema del circuito: Comienza por los receptores propioceptivos de la sensibilidad profunda diseminados a todo lo largo del aparato osteomusculoligamentario. Estos emiten información (cadena inversa) de la acción y movimientos corporales. La cadena inversa discurre a lo largo de los haces medulares de Goll y Bourdach que ascienden por los cordones medulares posteriores hasta llegar a los núcleos del mismo nombre en la parte inferior del bulbo. En los núcleos toman contacto con la segunda neurona y continúan camino de forma heterolateral hacia la corteza cerebral, haciendo antes un relevo en el tálamo óptico (tercera neurona). El circuito alcanza así la circunvolución parietal ascendente, área donde se hacen conscientes nuestras sensaciones de equilibrio y donde se desencadenan unas respuestas de éste tipo, con una dirección común, los núcleos del puente. A nivel de los núcleos del puente, se establece conexión con una nueva neurona y el circuito, traspasando la línea media, alcanza la corteza del neocerebelo y la oliva cerebelosa. El cerebelo es el órgano de gobierno por excelencia de todas las reacciones motoras voluntarias, interviniendo en las funciones sinérgicas, eumétricas y euérgicas relacionadas con el equilibrio corporal. La cadena directa es la vía eferente cerebelo-olivo-rubro-espinal, que finalizará en las palancas osteomusculares (Ibid.).

Circuitos propioceptivos vestibulares

Son circuitos supramedulares que tienen como captosres a los receptores periféricos estatocinéticos del Sistema Vestibular. La información por ellos suministrada inicia su recorrido de cadena inversa por las vías vestibulares, a lo largo de las prolongaciones de la primera neurona localizada en los ganglios de Scarpa y Böttcher (Ibid.).

Las prolongaciones de esta primera neurona pueden dirigirse a dos áreas receptoras de su información: la corteza cerebelosa y los Núcleos Vestibulares. La primera debe de considerarse como un centro de gobierno (precisión de movimientos, adaptación y aprendizaje) y la segunda como un centro distribuidor y coordinador de impulsos eferentes (reflejos rápidos). Los impulsos nerviosos de estas dos formaciones tienen como destino los músculos posturales y se utilizarán en el control del equilibrio. Los impulsos eferentes que salen del órgano de gobierno cerebeloso caminan de nuevo a los Núcleos Vestibulares. Por medio de esta vía de retorno de impulsos ya sojuzgados, el órgano de gobierno cerebeloso controla todas las órdenes motrices de la vía vestibular (Ibid.).

A partir de los núcleos vestibulares los impulsos pueden seguir tres caminos:

Vía vestíbulo-espinal: las conexiones de los Núcleos Vestibulares con la médula espinal constituyen la vía refleja más importante desde el punto de vista del equilibrio corporal. Transmite estímulos efectores a distintos niveles de la médula espinal que se descargan sobre la musculatura postural extensora para producir contracciones isotónicas e isométricas. Esta acción se deja sentir principalmente en la musculatura cervical y en menor grado sobre el resto de los músculos del organismo (Ibid.).

Conexiones con los núcleos oculomotores de los pares craneales III, IV y VI: las vías vestibulo-oculares siguen trayectos homo y heterolaterales. Esta vía es la responsable de la estabilidad de la mirada y de las desviaciones compensadoras de los ojos durante los movimientos de la cabeza. Transmite el componente lento del nistagmo. Conexiones con la corteza cerebral a través de las vías vestibulo-tálamo-corticales: cinta de Reil externa o lemnisco externo. Esta es la vía propia de la sensibilidad profunda consciente de origen vestibular (Ibid.).

4.2 FACTORES DE RIESGO PARA PRESENTAR LESIONES DURANTE LA PRÁCTICA DEPORTIVA

Diferentes factores de riesgo pueden contribuir a la susceptibilidad de un atleta a la aparición de lesiones, entre estos se han descrito factores intrínsecos y extrínsecos. Dentro de los factores intrínsecos se encuentran malalineamientos posturales, variaciones o alteraciones anatómicas, incremento de la laxitud ligamentaria fisiológica e influencias hormonales. Los factores extrínsecos, destacan un acondicionamiento físico insuficiente como son los imbalances musculares, inadecuado control neuromuscular (propiocepción) y mala ejecución de los movimientos corporales fundamentales como el salto, el correr, etc. La mayoría de la información conocida acerca del valor predictivo de estos factores de riesgo es no concluyente, por lo que se requieren más investigaciones al respecto (Hewett, 2005a).

Sólo se han identificado unos pocos de los factores de riesgo para presentar lesiones deportivas. Meeuwisse clasifica los factores de riesgo internos como predisponentes, que actúan desde el interior, y que pueden ser necesarios pero no suficientes para producir la lesión. Los factores de riesgo externos actúan sobre un atleta predispuesto, y se clasifican como factores facilitadores para que se manifieste la lesión. La presencia de factores de riesgos internos y externos tiene un efecto sumatorio y su interacción “prepara” al atleta para que ocurra una lesión en una situación dada. Este autor, describe el evento incitador como el eslabón final en la cadena que causa una lesión (Yang, 2005).

Factores intrínsecos (Ibid.)

1. **Edad:** al respecto, los estudios muestran resultados diferentes; algunos reportan que al aumentar la edad es mayor el riesgo de presentar lesiones deportivas por factores asociados como el desacondicionamiento físico y enfermedades asociadas como la osteoporosis. Sin embargo, hay reportes en los cuales la mayor incidencia de lesiones deportivas se presenta durante la adolescencia. Un estudio de incidencia de lesiones en el atletismo, llevado a cabo en 2002, muestra que ser menor de 34 años es un factor de riesgo para el síndrome de dolor patelofemoral, tanto en hombres como en mujeres, y para el síndrome de la banda ilirotibial, la tendinopatía patelar y el síndrome de estrés tibial en hombres.
2. **Género:** algunas lesiones son más frecuentes en hombres y otras, en mujeres. Por ejemplo, las lesiones del ligamento cruzado anterior son más

frecuentes en las mujeres, posiblemente en relación con los estrógenos. Sin embargo, esta es una asociación estadística cuya fisiopatología aún no ha sido dilucidada.

3. **Composición corporal:** varios elementos de la composición corporal son factores de riesgo para sufrir lesiones deportivas, a saber: el peso que genera aumento de la carga y tiene impacto sobre las articulaciones y el esqueleto axial; la masa de tejido graso, la densidad mineral ósea (a menor densidad mayor incidencia de fracturas) y las diferentes medidas antropométricas. Con respecto a estas últimas, la relación con la incidencia de lesiones es variable dependiendo del deporte y del biotipo requerido para su práctica.
4. **Estado de salud:** la historia de lesiones previas y la inestabilidad articular predisponen a nuevas lesiones, la mayoría de las veces secundarias a secuelas derivada de la lesión o a rehabilitación incompleta o inapropiada de la misma.
5. **Acondicionamiento físico:** la fuerza, la potencia muscular, el consumo de oxígeno y los rangos de movimientos articulares son aspectos que varían con la condición física del deportista. Se ha reportado que a mayor desarrollo de estas variables es menor la incidencia de lesiones deportivas. Sin embargo, existe controversia al respecto, pues algunos estudios no reportan diferencias significativas en la incidencia de lesiones en corredores y caminantes que trabajaron la fuerza durante el entrenamiento.
6. **Factores hormonales:** la menarquia tardía, la menarquia hipoestrogénica-hipotalámica, las alteraciones ovulatorias por bajo ambiente estrogénico que ocasiona osteopenia y aumento de la reabsorción ósea y los niveles de testosterona bajos son factores que alteran la osificación adecuada y pueden por ello predisponer a fracturas por estrés. Por el contrario, el uso de anticonceptivos orales se ha descrito como un factor protector para el desarrollo de dichas fracturas por estrés y algunos autores reportan aumento de las lesiones ligamentarias.
7. **Factores nutricionales:** el déficit de calcio y de vitamina D y los trastornos alimentarios también han sido implicados en la fisiopatología de las fracturas por estrés en deportistas.
8. **Tóxicos:** el consumo de tabaco y de alcohol predispone al desarrollo de lesiones deportivas no sólo porque merma la capacidad de concentración del deportista sino también por alterar la mineralización ósea.
9. **Enfermedades metabólicas:** la tirotoxicosis, el hiperparatiroidismo, la diabetes mellitus y el síndrome de Cushing son enfermedades metabólicas que cursan con densidad mineral ósea baja y desacondicionamiento físico.
10. **Farmacológicos:** el uso de glucocorticoides, hormona tiroidea, antipsicóticos, anticonvulsivantes y quimioterapéuticos, puede alterar la mineralización ósea y por consiguiente aumentar la incidencia de fracturas.

11. **Técnica deportiva:** la ejecución inadecuada de la técnica específica para cada deporte produce estrés excesivo, lesiones por sobreuso o, incluso, lesiones agudas.
12. **Alineamiento corporal:** el mal alineamiento anatómico, debido a deformidades fijas o dinámicas, agrega estrés sobre el sitio del cuerpo que se encuentra activo. Condiciones congénitas o del desarrollo tales como coalición tarsal, pie cavo, pie pronado, primer metatarsiano corto, metatarso aducto y discrepancia en la longitud de las extremidades pueden predisponer a lesión del atleta. Otros autores mencionan la inestabilidad lumbopélvica o central como factor de riesgo para lesiones deportivas de los miembros inferiores sobre todo en mujeres. En un estudio realizado por Leetun y col. se evaluó la fuerza de los músculos encargados de la estabilidad central: los abductores y rotadores externos de la cadera, los abdominales, los extensores de la espalda y el cuadrado lumbar; se encontró que los atletas con menor fuerza en los rotadores externos de la cadera se lesionaron con mayor frecuencia. Por otra parte, en un estudio realizado en corredores de campo traviesa de secundaria, se encontró que las mujeres y los hombres con ángulo Q de 20° y 15° o más, respectivamente, presentaban mayor riesgo de lesión deportiva.
13. **Coordinación:** la falta de coordinación adecuada de los movimientos específicos de cada deporte, incrementa el riesgo de sufrir lesiones.
14. **Estado mental:** se han subestimado, o no se han tenido en cuenta, los aspectos psicológicos de la participación en deportes y su relación con la ocurrencia de lesiones. En la actualidad se reconoce que el estado psicológico del deportista es tan importante como, o incluso algunas veces más importante que, el estado físico en la presentación de lesiones derivadas de la práctica deportiva. Entre los factores psicológicos de riesgo se encuentran los siguientes:
 - A. Las características de la personalidad que predominen en el deportista y que se expresan en la forma como practica el deporte. Si existe un rasgo de personalidad disfuncional no susceptible de modificación o control, puede predisponer al desarrollo de lesiones deportivas.
 - B. La historia de eventos estresantes de la vida diaria: discusiones, lesiones deportivas previas y otras situaciones que produzcan ansiedad, depresión o estrés al deportista impidiéndole así una adecuada concentración en el desarrollo de la actividad.

Factores extrínsecos

1. **Régimen de entrenamiento:** el plan de entrenamiento, llevado a cabo inadecuadamente, es un factor importante que puede contribuir a las lesiones deportivas. Por esa razón, los sistemas atléticos no controlados, como el juego libre, pueden incrementar la ocurrencia de lesiones

deportivas agudas. Además, los programas de entrenamiento sin una correlación adecuada entre la intensidad y la duración de las cargas, acompañados de altos niveles de competición en temporadas largas sin períodos adecuados de recuperación, llevan a un aumento importante de las lesiones en los deportistas. Si a lo anterior se agrega una inadecuada preparación física y mental del individuo, los riesgos son aún mayores.

2. **Equipos para la práctica deportiva y para la protección:** el tamaño inapropiado de los balones o del mango de las raquetas, así como la ropa deportiva inadecuada o en mal estado (por ejemplo, los zapatos), son fuentes comunes de lesiones. También son importantes al respecto el uso de elementos de protección como el casco y las espinilleras en algunos deportes de contacto o en los deportes extremos. Se ha reportado que con el uso del equipo de protección en los miembros inferiores tiende a disminuir la tasa de lesiones (RR = 0.91, IC 95%, 0.72-1.15); sin embargo, con el uso de brace de rodilla y tobillo se ha demostrado un aumento de las tasas de incidencia de las mismas en la rodilla (RR = 1.61, IC 1.08-2.41) y tobillo (RR = 1.74, IC 1.11-2.72).
3. **Características del campo de práctica o de competición:** la superficie o terreno de juego es un factor importante en la incidencia de lesiones deportivas, la cual aumenta cuando los deportes se practican en superficies irregulares, blandas o demasiado duras como el concreto y los pisos rígidos para gimnasio.
4. **Factores humanos:** la presión de los padres, los entrenadores y la sociedad, puede llevar a demandas físicas no razonables, y producir una sobrecarga para el deportista e incrementar el riesgo de lesionarse. Son también importantes los compañeros de equipo, los oponentes y el árbitro.
5. **Factores ambientales:** cuando la nieve o la lluvia alteran la superficie de juego aumenta la incidencia de lesiones deportivas.

LA RODILLA DE ALTO RIESGO

Anatómicamente, la parte más expuesta y con mayor incidencia de lesión es la rodilla. La localización anatómica de las lesiones en MMII y las lesiones específicas de rodilla se ilustran en la Tabla 1 y Tabla 2 (Garrido, 2003)

El imbalance muscular ha sido propuesto como un factor importante que puede contribuir al origen de una lesión deportiva específicamente en la rodilla. El equilibrio de la fuerza muscular de miembros inferiores (MMII) es entendido como la relación normal entre la fuerza de los extensores contra la de los flexores la cual es de 3:2 (Ibid.).

Tabla 1. Localización anatómica de lesiones en MMII en deporte

LOCALIZACIÓN	
Muslo	40 (29%)
Rodilla	51 (37%)
Pierna	6 (4%)
Tobillo	37 (27%)
Pie	5 (4%)
Total	139 (67%)

Tabla 2. Lesiones de la rodilla en deporte

LESIONES	INCIDENCIA (PORCENTAJE)
ESGUINCES	
Lesiones en el Ligamento Cruzado Anterior	17 (47%)
Lesiones en el Ligamento Colateral Medial	10 (28%)
Lesiones en el Ligamento Colateral Lateral	2 (5%)
Lesiones en el Ligamento Cruzado Posterior	1 (3%)
Otros	6 (17%)
LESIONES AISLADAS DE MENISCO	
Menisco Medial	7 (78%)
Menisco Lateral	2 (22%)
LESIONES MÚSCULO TENDINOSAS	
Contusiones Musculares	6 (12%)
Distensiones Musculares	40 (78%)
Tendinitis	5 (10%)

Sin embargo se concluyó en este estudio que no parece haber una predisposición a la lesión cuando existen imbalances musculares del grupo flexo-extensor de rodilla en jugadores profesionales de fútbol. Se recomienda realizar estudios prospectivos para aumentar la evidencia de esta asociación negativa (Ibid.).

La disminución del control neuromuscular de las articulaciones, puede incrementar el estrés impuesto sobre las estructuras ligamentarias pasivas que

exceden las fuerzas de fallo de estos. Esto lleva a una disminución de la estabilidad dinámica articular e incrementa el riesgo de lesiones como la del ligamento cruzado anterior. Varios estudios prospectivos han mostrado que el entrenamiento del control neuromuscular articular, puede disminuir las lesiones de la rodilla y del ligamento cruzado anterior (Hewett, 2005b).

4.3 BENEFICIOS QUE SE DERIVAN DEL ENTRENAMIENTO DE LA PROPIOCEPCION

A través del entrenamiento propioceptivo, el atleta aprende sacar ventajas de los mecanismos reflejos, mejorando los estímulos facilitadores aumentan el rendimiento y disminuyendo las inhibiciones que lo reducen. 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. (Ruiz, 2004)

Entrenamiento Propioceptivo y Fuerza

Todo incremento en la fuerza es resultado de una estimulación neuromuscular. Con relación a la fuerza, enseguida solemos pensar en la masa muscular pero no olvidemos que ésta se encuentra bajo las órdenes del sistema nervioso. Resumidamente, es sabido que para la mejora de la fuerza a través del entrenamiento existen adaptaciones funcionales (sobre la base de aspectos neurales o nerviosos) y adaptaciones estructurales (sobre la base de aspectos estructurales: hipertrofia e hiperplasia, esta última sin evidencias de existencia clara en personas) (Ibid.).

Los procesos reflejos que incluye la propiocepción estarían vinculados a las mejoras funcionales en el entrenamiento de la fuerza, junto a las mejoras propias que se pueden conseguir a través de la coordinación intermuscular y la coordinación intramuscular (Ibid.):

Coordinación Intermuscular: Haría referencia a la interacción de los diferentes grupos musculares que producen un movimiento determinado.

Coordinación Intramuscular: Haría referencia a la interacción de las unidades motoras de un mismo músculo.

Propiocepción (Procesos Reflejos): Harían referencia a los procesos de facilitación e inhibición nerviosa a través de un mejor control del reflejo de estiramiento o miotático y del reflejo miotático inverso, mencionados anteriormente y que pueden producir adaptaciones a nivel de coordinación inter-intramuscular.

Entrenamiento Propioceptivo y 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 realizamos un estiramiento excesivo de forma prolongada, si hemos ido lentamente a esta posición y ahí mantenemos el estiramiento unos segundos, se anulan las respuestas reflejas del reflejo miotático activándose las respuestas reflejas del aparato de Golgi (relajación muscular), que permiten mejoras en la flexibilidad, ya que al conseguir una mayor relajación muscular podemos incrementar la amplitud de movimiento en el estiramiento con mayor facilidad (Ibid.).

Entrenamiento Propioceptivo y Coordinación

La coordinación hace referencia a la capacidad que tenemos para resolver situaciones inesperadas y variables y requiere del desarrollo de varios factores que, indudablemente, podemos mejorar con el entrenamiento propioceptivo, ya que dependen en gran medida de la información somatosensorial (propioceptiva) que recoge el cuerpo ante estas situaciones inesperadas, además, de la información recogida por los sistemas visual y vestibular (Ibid.).

Estos factores propios de la coordinación que podemos mejorar con el entrenamiento propioceptivo son (Ibid.):

- **Regulación de los Parámetros Espacio-Temporales del Movimiento:** Se trata de ajustar nuestros movimientos en el espacio y en el tiempo para conseguir una ejecución eficaz ante una determinada situación. Por ejemplo, cuando nos lanzan una pelota y la tenemos que recoger, debemos calcular la distancia desde la cuál nos la lanzan y el tiempo que tardará en llegar en base a la velocidad del lanzamiento para poder ajustar nuestros movimientos. Ejercicios buenos para la mejora de los ajustes espacio-temporales son los lanzamientos o pases con objetos de diferentes tamaños y pesos.
- **Capacidad de Mantener el Equilibrio:** Tanto en situaciones estáticas como dinámicas, eliminamos pequeñas alteraciones del equilibrio mediante la tensión refleja muscular que nos hace desplazarnos rápidamente a la zona de apoyo estable. Una vez que entrenamos el sistema propioceptivo para la mejora del equilibrio, podremos conseguir incluso anticiparnos a las posibles alteraciones de éste con el fin de que no se produzcan (mecanismo de anticipación). Ejercicios para la mejora del equilibrio serían apoyos sobre una pierna, verticales, conos, oscilaciones y giros de las extremidades superiores y tronco con apoyo sobre una pierna, mantenimiento de posturas o movimientos con apoyo limitado o sobre superficies irregulares, ejercicios con los ojos cerrados.
- **Sentido del Ritmo:** Capacidad de variar y reproducir parámetros de fuerza-velocidad y espacio-temporales de los movimientos. Al igual que los anteriores, depende en gran medida de los sistemas somatosensorial, visual y vestibular. En el ámbito deportivo, podemos desglosar acciones motoras

complejas propias de un deporte en elementos aislados para mejorar la percepción de los movimientos y después integrarlos en una sola acción. Es importante seguir un orden lógico si separamos los elementos de una acción técnica. Por ejemplo, en la batida de voleibol, podemos separar el gesto en los pasos de aproximación – descenso del centro de gravedad flexionando piernas a la vez que echamos los brazos atrás – despegue – armado del brazo – golpeo final al balón.

- Capacidad de Orientarse en el Espacio: Se realiza fundamentalmente, sobre la base del sistema visual y al sistema propioceptivo. Podríamos mejorar esta capacidad a través del entrenamiento de la atención voluntaria (elegir los estímulos más importantes).
- Capacidad de Relajar los Músculos: Es importante, ya que una tensión excesiva de los músculos que no intervienen en una determinada acción puede disminuir la coordinación del movimiento, limitar su amplitud, velocidad, fuerza. Utilizando ejercicios alternando periodos de relajación-tensión, intentando controlar estos estados de forma consciente. En alto nivel deportivo, se busca la relajación voluntaria ante situaciones de gran estrés que después puedan transferirse a la actividad competitiva.

4.4 EVIDENCIA CIENTÍFICA QUE MUESTRA LA DISMINUCIÓN DE LESIONES DEPORTIVAS MEDIANTE EL ENTRENAMIENTO DE LA PROPIOCEPCION

Los déficits en el control neuromuscular dinámico en la estabilidad de la articulación en los tres ejes de movimiento, a lo largo de toda la cadena cinética inferior puede contribuir a la diferencia de lesiones que se presenta entre los hombres y las mujeres atletas, siendo estas lesiones en la rodillas 6 a 8 veces mas frecuentes en el sexo femenino (Hewett, 2005b). Existe evidencia de que el entrenamiento neuromuscular, no solo reduce los factores de riesgo biomecánicos potenciales para las lesiones articulares, sino que disminuye las lesiones de rodilla y del ligamento cruzado anterior, especialmente en las mujeres atletas. Hewett y cols. publicaron una revisión donde encontraron cinco de seis estudios sobre el entrenamiento del control neuromuscular y la incidencia de lesiones de rodilla en mujeres, una disminución estadísticamente significativa de las lesiones en los grupos de deportistas mujeres sometidas a entrenamiento de control neuromuscular. Aun no se tiene claro cual de los componentes (fuerza, balance, pliometría, etc.) de dicho entrenamiento es el que induce la protección o si se trata de un beneficio combinado de estos. Futuras investigaciones deben evaluar la eficacia relativa de cada uno de estas intervenciones solas o en combinación, con el fin de lograr un efecto óptimo en la prevención de lesiones (Hewett, 2005a).

Woitys y otros, examinaron a 32 voluntarios sanos, 16 hombres y 16 mujeres, para dilucidar el impacto que podrían tener tres regímenes de entrenamiento diferente en la respuesta electromiografica ante la traslación del tibial anterior repentina y en la fuerza isocinética y resistencia isocinetica para la flexión y extensión de rodilla y tobillo. El primer tipo de entrenamiento fue un protocolo

isocinético que incluyó flexión y extensión de rodilla y planti y dorsiflexión de tobillo en un dinamómetro isocinético. El segundo tipo de entrenamiento, consistió en un protocolo isotónico en el que se incluía extensión de rodilla, plantiflexión y dorsiflexión de tobillo. El tercer tipo de entrenamiento, consistió en un protocolo de ejercicios de agilidad y pliometría como el deslizamiento en tabla, saltos en un pie, cambios de dirección y figuras de ocho. Estos últimos se debían realizar a la máxima velocidad posible. Los autores encontraron que los entrenamientos isotónicos no parecían mejorar el tiempo de reacción muscular ante la traslación tibial anterior mientras que los ejercicios de agilidad si lo hacían. Por su parte, el entrenamiento isocinético mejoró el tiempo para alcanzar torque pico para el cuádriceps, isquiotibiales y gastrocnemios, al igual que lo hizo el entrenamiento de agilidad. Se concluyó que, dada la naturaleza del mecanismo de lesión de rodilla, la implementación de programas de entrenamiento en los que se incluyan los ejercicios de agilidad y pliometría tendría la capacidad de mejorar la respuesta neural ante cargas externas haciendo que esta fuera más rápida (Buz, 2004; Wojtys, 1996).

Hewett y otros, probaron su sistema de entrenamiento pliométrico de seis semanas, en el que se incluyeron 43 equipos de fútbol, voleibol y baloncesto tomados de equipos de secundaria de 12 áreas de Estados Unidos. Se monitorearon dos grupos de atletas, el primero entrenó con el programa pliométrico antes de su participación deportiva y el segundo no lo hizo. Después de la implementación del programa se produjeron 14 lesiones de rodilla en 1263 atletas que se siguieron durante el estudio. 10 de 463 atletas no entrenadas sufrieron lesiones de rodilla por mecanismos de no contacto, dos de 366 atletas entrenadas sufrieron lesiones de rodilla las cuales fueron producidas por mecanismos de contacto y dos de 434 atletas masculinos sufrieron lesión de rodilla una de las cuales fue por no contacto. Los hallazgos encontrados ponen en evidencia un hecho irrefutable. El acondicionamiento neuromuscular es un factor altamente protector para disminuir la incidencia de lesiones de rodilla en la mujer y factores tan importantes como el tiempo de reacción muscular ante situaciones de estrés articular como la minimización del tiempo para alcanzar fuerzas estabilizadoras en la articulación de la rodilla son elementos esenciales para la prevención de lesiones (Hewett, 2003).

Con estos datos se determinó que la incidencia de lesión de rodilla por 1000 atletas expuestos fue de 0.43 en las mujeres no entrenadas, las cuales tenían 3.6 veces mayor incidencia de lesión de rodilla que las atletas entrenadas y 4.8 veces mayor incidencia que los atletas masculinos. Este estudio prospectivo demostró entonces un decrecimiento de la incidencia de lesión de rodilla en atletas femeninas después de implementar un programa de entrenamiento pliométrico específico (Hewett, 1996).

Heidt y otros (2000), estudiaron el efecto de un programa de acondicionamiento pretemporada en la ocurrencia de lesiones en el fútbol. El programa de acondicionamiento consistía de entrenamientos en banda sin fin y entrenamientos pliométricos. 300 jugadoras de fútbol entre los 14 y 18 años fueron estudiados durante el periodo de un año, 42 de las cuales se les aplicó el programa. Después del periodo de estudio se evidenció que las lesiones más frecuentes ocurrieron en la extremidad inferior con un 61,2 % de ocurrencia en

las articulaciones de la rodilla y tobillo. Concluyeron, después de su análisis, que el grupo entrenado experimentó una disminución significativa en la incidencia de lesiones comparado con el grupo no entrenado. Estos resultados sugirieron que este tipo de acondicionamiento tenía una influencia significativa en la disminución de la incidencia de lesiones de las jugadoras de fútbol.

Holm y cols, realizaron un estudio con 35 mujeres jugadores de balonmano, con el fin de evaluar si el entrenamiento neuromuscular mejoraba la fuerza, el balance y la propiocepción. El promedio de edad fue de 23 años y un peso corporal de 69Kg., con un tiempo de entrenamiento semanal que varió de 10 a 11 horas. El programa de entrenamiento se realizó tres veces semanales durante 5 a 7 semanas, seguido de una sesión por semana durante el resto de la temporada. Cada sesión tuvo una duración de 15 minutos. Las deportistas fueron evaluadas antes de iniciar el programa de entrenamiento, a las 8 semanas y a los 12 meses. Se encontró una mejoría significativa en el balance dinámico medido con el KAT 2000, entre la primera y la segunda evaluación, y se mantuvo durante un año luego de iniciado el programa. No se encontraron diferencias significativas en el balance estático durante el año de seguimiento. (Mandelbaum, 2005)

Mandelbaum y cols. realizaron un estudio prospectivo no aleatorizado en 1041 mujeres jóvenes jugadoras de fútbol, sometidas a entrenamiento propioceptivo comparado con 1905 mujeres que no realizaron dicho entrenamiento, con el fin de determinar si dicho programa de entrenamiento propioceptivo y neuromuscular disminuía la incidencia de lesiones del ligamento cruzado anterior. Las deportistas tenían edades que variaban entre los 14 y los 18 años. Se realizó un seguimiento de 2 años. La intervención consistió en educación, estiramiento, fortalecimiento muscular, pliometría y pruebas de agilidad específicas para el deporte, lo cual reemplazaba el calentamiento tradicional. Durante el primer año de seguimiento se encontró una disminución del 88% en las lesiones del ligamento cruzado anterior, valor que fue del 77% durante el segundo año (Caraffa, 1996).

Caraffa y cols, en un estudio controlado realizado en 600 jugadores de fútbol semiprofesional y amateur 300 de los deportistas fueron instruidos para entrenar 5 veces semanales durante 20 minutos, teniendo en cuenta cinco fases, cada una de las cuales incrementaba el grado de dificultad. El grupo control de 300 jugadores no recibió ningún entrenamiento especial. Ambos grupos fueron seguidos durante tres temporadas y las lesiones del ligamento cruzado anterior fueron diagnosticadas clínicamente, evaluación con KT 1000, resonancia magnética o tomografía computada y finalmente por artroscopia. Se encontró una incidencia de 1.5 lesiones del ligamento cruzado anterior por equipo por año, en los deportistas entrenados propioceptivamente, lo cual fue significativamente menor ($p < 0.001$) que en los no entrenados (Osorio, 2006).

4.5 ENTRENAMIENTO DE LA PROPIOCEPCION

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. Otro factor que debe ser tenido en cuenta, es que las fuerzas desestabilizadoras encontradas durante las actividades usualmente ocurren rápidamente, haciendo que las respuestas neuromusculares sean inadecuadas para proteger las articulaciones como la rodilla o el tobillo. Las técnicas de entrenamiento deben promover respuestas automáticas y protectoras para cargas potencialmente desestabilizadoras, de una manera aleatorizada. Finalmente, el entrenamiento debe proveer la adquisición de respuestas aprendidas para las actividades funcionales y ellas pueden ser mas exitosas, si son practicadas en el contexto funcional del deporte específico (Childs, 2003).

Varias opciones de entrenamiento están disponibles para potenciar las respuestas neuromusculares protectoras en las extremidades inferiores, manteniendo la estabilidad dinámica durante las actividades físicas y deportivas. 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 (Ibid.).

Otras opciones de entrenamiento para mejorar el control neuromuscular de las extremidades inferiores, involucra superficies de soporte perturbacional, tales como la tabla rodante y la tabla inestable. En estas técnicas, el individuo se ubica sobre la superficie de soporte y cargas potencialmente desestabilizantes son aplicadas por el terapeuta o entrenador, a través de perturbaciones multidireccionales. Estas técnicas pueden ser modificadas, así 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. El rendimiento en estas actividades inicialmente requiere esfuerzos conscientes del individuo, con la práctica y la repetición, el control del movimiento anormal articular puede ser automático y ocurrir subconscientemente. Las actividades del programa de entrenamiento neuromuscular deben ser ordenadas aleatoriamente durante las sesiones, para mejorar el aprendizaje motor y que este sea mantenido a largo término (Ibid.).

Las metas del entrenamiento de la propiocepción (Lephart, 2003) son:

- 1). Facilitar el incremento de la sensibilidad y el uso de impulsos propioceptivos de las estructuras que rodean las articulaciones.
- 2). Evocar respuestas dinámicas compensatorias por la musculatura que rodea la articulación.

3). Reestablecer los patrones motores funcionales, los cuales son vitales para movimientos coordinados y la estabilidad articular funcional.

Se pueden implementar actividades para el entrenamiento que mejore la detección de la posición articular, a través del uso de máquinas isokinéticas, goniometría y análisis de movimiento electromagnético. El entrenamiento se realiza pidiendo al individuo que ubique su extremidad en una posición determinada y luego pedirle que la repita con el menor error posible. Inicialmente se pueden incluir condiciones en las que el individuo pueda ver la posición de la extremidad, progresando a condiciones con los ojos cerrados o cubiertos. El entrenamiento debe ser realizado en rango en los cuales el movimiento estimule los mecanorreceptores musculotendinosos, también como en posiciones extremas de vulnerabilidad con el fin de estimular las aferencias capsuloligamentosas. Durante el entrenamiento se deben incluir la reproducción de posiciones pasivas y activas. Se pueden incluir variaciones, como que el individuo replique vías de movimiento mas que posiciones articulares, que adicionen elementos de funcionalidad (Ibid.).

El entrenamiento de la cinestesia, se puede realizar eliminando los estímulos visuales y auditivos externos, luego se usan aparatos isokineticos o propioceptivos o simplemente con movimientos manuales. La meta es señalar cuando el movimiento articular es detectado. Se debe anotar el grado de movimiento realizado antes de la detección del mismo, con el fin de cuantificar los progresos (Ibid.).

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 el entrenador o terapeuta aplica grados y direcciones variables de perturbación articular. En forma similar, ejercicios de control postural realizados sobre superficies inestables son de utilidad, debido a que evocan respuestas preparatorias, requeridas para mantener el balance y reactivas, debido a los cambios súbitos de dirección (Ibid.).

Los ejercicios en los cuales se soportan pesos son necesarios. Ejercicios de cadena cinética cerrada como por ejemplo el trípode para el hombro, ha sido demostrado que producen mecanismos de acople de fuerza (co-contracción) necesarios para la centralización de la cabeza humeral dentro de la fosa glenoidea (Ibid.).

Los patrones de movimiento funcional pueden ser entrenados a través de actividades que simulan la actividad deportiva. Los ejercicios de facilitación neuromuscular propioceptiva ayudan a ganar fuerza por medio de planos funcionales, incorporando tanto movimientos espirales y diagonales que demandan coordinación neuromuscular. Los ejercicios pliométricos, también simulan la actividad deportiva. Para estos ejercicios se puede utilizar el minitrampoline, el balón medicinal o un theratubo, que permiten simular los gestos deportivos. Las actividades pliométricas de las extremidades inferiores usando movimientos balísticos, tales como saltos, avanzar y saltar, imparten las fuerzas generadas durante actividades atléticas como correr, saltar y

rebotar. 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 (Ibid.).

Además de constituir una fuente de información somato - sensorial a la hora de mantener posiciones, realizar movimientos normales o aprender nuevos bien cotidiano o dentro de la práctica deportiva, cuando se sufre una lesión articular, el sistema propioceptivo se deteriora produciéndose un déficit en la información propioceptiva que le llega al sujeto. De esta forma, esa persona es más propensa a sufrir otra lesión. Además, disminuye la coordinación en el ámbito deportivo (Ruiz, 2004).

El sistema propioceptivo puede entrenarse a través de ejercicios específicos para responder con mayor eficacia de forma que nos ayuda a mejorar la fuerza, coordinación, equilibrio, tiempo de reacción ante situaciones determinadas y, como no, 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 de cara a acciones nuevas similares a los ejercicios que se han practicado (Ibid.).

4.5.1 CUANTIFICACION DE LA PROPIOCEPCIÓN

El control neuromuscular y el sistema sensorio – motor, tienen interacciones y relaciones sumamente complejas, que hacen difícil medir y analizar las características específicas y funciones de este sistema (Lephart, 2003).

Los investigadores han usado varios métodos intentando determinar la integridad del sistema propioceptivo. Los métodos más comunes son:

- 1) **Apreciación conciente de la propiocepción:** la apreciación conciente de la posición articular y la cinestesia, han sido usados como una medida de la propiocepción, debido a que esta depende de la apreciación de las señales de los mecanorreceptores. Se ha asumido que la agudeza de la percepción conciente de estas señales refleja la calidad de los impulsos disponibles para control sensoriomotor de la estabilidad articular funcional. La prueba para medir la posición espacial articular, se basa en la precisión para replicar la posición y puede ser realizada tanto en forma activa como en forma pasiva con cadena abierta o cerrada. En ambas mediciones deben ser replicados los ángulos articulares, determinados con goniómetro o con escalas análogas. La prueba de cinestesia es realizada para determinar el umbral de detección de dirección de movimiento pasivo. Variando velocidades lentas entre 0.5 a 2 grados por segundo para impactar los receptores de adaptación lenta (Griffin, 2003).

Para evaluar la propiocepción mediante esta técnica, se le dice al individuo que situé la articulación en una posición determinada, ya sea de forma activa o pasiva; se registra la diferencia entre el ángulo real medido y el solicitado inicialmente. Cuanto mayor sea el error, tanto menor es la propiocepción. La cinemática se valora rotando pasivamente la articulación hasta que el individuo percibe el movimiento. Esta medición determina el umbral de detección de

movimiento pasivo; cuanto mayor es el umbral, menor es el sentido de movimiento (Buz, 2004).

2) Determinación de respuestas a la perturbación articular: una de las teorías más comunes, aunque aun no completamente aclarada, es la concerniente al papel de los mecanorreceptores articulares en la estabilidad articular funcional, es debido a una activación refleja directa de las motoneuronas alfa. Muchas investigaciones han sido realizadas en hombro, rodilla y tobillo para intentar demostrar las alteraciones de las latencias reflejas, en respuesta a una perturbación articular, pero un incremento en las latencias pueden ser debidas a daños en las vías aferentes, en el sistema nervioso central o en las vías eferentes (Lephart, 2003).

La electromiografía se basa en las mediciones de las respuestas eferentes de los músculos, generadas por órdenes motoras procedentes tanto de los niveles superiores como de los arcos reflejos. Las órdenes originadas en los niveles superiores se asocian con el nivel de actividad preparatorio y con el control muscular anticipatorio (feedforward), mientras que las órdenes originadas en los arcos reflejos regulan la actividad muscular mediante el sistema de retroalimentación (feedback). El sistema de preactivación muscular es necesario para soportar las fuerzas articulares previstas o anticipadas, mientras que el sistema reflejo soporta fuerzas o cargas articulares imprevistas. Situando electrodos en la superficie o en el espesor de los tejidos, se pueden registrar los potenciales de acción de las fibras musculares, lo cual puede determinar el inicio, secuencia, patrón y magnitud de la actividad muscular. Para interpretar los datos electromiográficos puede ser necesario sincronizar la actividad muscular con los eventos físicos. Se cuantifica el nivel de actividad muscular en relación con el reposo o el nivel de actividad máxima, referido como amplitud normalizada. Cuando se valora la activación muscular durante ciertas actividades como correr, se pueden registrar los ciclos repetidos de movimiento en relación con el tiempo, y así se puede describir la actividad muscular en relación con las fases del movimiento (ej: fases de apoyo o despegue). La electromiografía es útil para registrar la actividad muscular, tanto consciente como inconsciente, en respuesta a órdenes motoras de anticipación y retroalimentación. Sin embargo las interferencias a la tensión muscular o a la fuerza requieren precaución a la hora de interpretar los datos (Buz, 2004).

El tiempo transcurrido durante la actividad muscular en respuesta a un cambio en la articulación es un factor crítico para que el sistema de control neuromuscular de retroalimentación genere una respuesta que proporcione la estabilidad dinámica. Los sistemas de estimulación aplican fuerzas variables a la rodilla, a la vez que se registra el inicio del movimiento y de la actividad muscular. El retraso o el tiempo transcurrido entre el desplazamiento articular y la actividad muscular se denomina latencia del arco reflejo (Ibid.).

3) Evaluación del control postural: la capacidad para mantener la verticalidad y la postura correcta requiere la integración de la información somatosensitiva y de los estímulos vestibulares y visuales, y está mediatizada por vías de control localizadas en el tronco cerebral. La valoración del control postural incluye pruebas estáticas y dinámicas en diferentes condiciones

visuales y posturales. Durante la bipedestación se puede cuantificar el equilibrio mediante el uso de sistemas de análisis postural equipados con una plataforma que rota, mientras que un sistema de plataforma multiaxial permite el estudio del equilibrio dinámico. Estos dos métodos conjuntamente, permiten determinar el efecto que tienen las lesiones, la cirugía y los programas de rehabilitación en el control postural (Childs, 2003). Desafortunadamente, el significado y el rol de la información aferente articular en el control postural permanece desconocida (Lephart, 2003).

La prueba en un solo pie ha sido ampliamente usada para la medición de la estabilidad articular funcional, debido a que reproduce las fuerzas encontradas durante las actividades en un ambiente controlado. También, se han usado plataformas de fuerza para obtener medidas objetivas de la estabilidad postural. La combinación las medidas de la plataforma de fuerza con medidas cinemáticas y electromiográficas proveen una mejor perspectiva de las estrategias por las cuales el sistema de control postural mantiene el equilibrio (Ibid.).

4) Evaluación de potenciales evocados somatosensoriales: en esta prueba, se produce una estimulación sensorial, luego de lo cual se miden las ondas producidas en la corteza sensorial. Se usa la estimulación eléctrica tanto transcutánea como directa de los nervios periféricos u órganos sensoriales, o una estimulación más fisiológica como el movimiento articular (Ibid.).

5. METODOLOGIA

TIPO DE ESTUDIO

Revisión de literatura especializada.

6. PRODUCTOS ESPERADOS

Diseñar un programa de prevención de lesiones por medio del entrenamiento de la propiocepción.

El programa propone tres estrategias de trabajo tendientes a mejorar la propiocepción de la siguiente manera:

- Fisioprofilaxis para lesiones de tobillo y pie (ver anexo1)
- Fisioprofilaxis para lesiones de rodilla (ver anexo 2)
- Fisioprofilaxis para lesiones de cadera (ver anexo 3)

El desarrollo del programa se realizará como mínimo 2 días a la semana con una duración de 15 a 20 minutos por sesión, los cuales podría ser tenido en cuenta como una parte inicial del trabajo planteado por el cuerpo técnico. El

número de ejercicios oscila entre 5 y 10 cada día con repeticiones entre 20 y 25, con una duración de cada repetición de 20 a 30 segundos.

Se recomienda variar los ejercicios entre sesión y sesión buscando que todas las articulaciones reciban los beneficios del programa. Los ejercicios se desarrollarán partiendo del principio de la individualización y de la graduación sistemática de la carga.

Se efectuaran ejercicios con el peso corporal, con pesos libres, thera-band, thera-ball, cojines inestables, resortes, superficies irregulares, entre otros.

El programa está controlado por kinesiólogos y fisioterapeutas y supervisado por el cuerpo médico.

En última instancia el programa busca generar mecanismos de defensa que ayuden al atleta a enfrentar las grandes exigencias del deporte competitivo con el menor riesgo posible de lesión, lo cual traerá como consecuencia lógica un aumento en su rendimiento deportivo.

7. CONCLUSIONES

- ❖ Los deportistas en nuestro medio son propensos a sufrir lesiones osteomusculares.
- ❖ En la literatura, existe evidencia científica que el entrenamiento específico de la propiocepción disminuye la aparición de lesiones durante la práctica deportiva.
- ❖ Hacen falta métodos confiables, para la cuantificación de la propiocepción en los individuos.
- ❖ En Colombia, no existen estudios publicados sobre los beneficios que tiene la propiocepción en los deportistas.
- ❖ Es responsabilidad del grupo interdisciplinario, promover la práctica del entrenamiento propioceptivo.
- ❖ Aun no existe un método protocolizado del entrenamiento de la propiocepción.

8. BIBLIOGRAFIA

Buz Swanik Ch, Harner ChD, Lephart SM, Driban JB. Neurofisiología de la rodilla. En: Insall & Scott (2004). Cirugía de la rodilla, Tomo I, 3ª ed. Buenos Aires: Médica Panamericana.

Caraffa A, Cerulli G, Progetti M, Aisa G, Rizzo A (1996). Prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer. A prospective controlled study of proprioceptive training. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthrosc.*, 4(1), 19-21.

Childs, Jhon D. and Irrgang, James J (2003). The language of exercise and rehabilitation. *Orthopaedic Sports Medicine: Principles and Practice*. 2a ed. Philadelphia: Saunders.

Garrido J, Pineda Y, Piñeros A, Rodríguez MA (2003). Imbalance muscular como factor de riesgo para lesiones deportivas de rodilla en futbolistas profesionales. *Acta Col Med Dep*. Internet: <http://amedco.encolombia.com/deporte1091imbalance.htm>

Guillou E, Dupui P, Golomer E (2007). Dynamic balance sensory motor control and symmetrical or asymmetrical equilibrium training. *Clin Neurophysiology*. Feb, 118(2), 317-24.

Griffin, LYE (2003). Neuromuscular Training and Injury Prevention. *Clin Orthop Relat Res*. Apr, 409, 53-60.

Heidt RS, Sweeterman LM, Carlonas RL, Traub JA, Tekulve FX (2000). Avoidance of soccer injuries with preseason conditioning. *Am J Sports Med*. Sep-Oct, 28(5), 659-62

Hewett TE, Stroupe AL, Nance TA, Noyes FR (1996). Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques. *Am J Sports Med*. Nov-Dec, 24(6), 765-73

Hewett TE, Myer GD, Ford KR (2005a). Reducing knee and anterior cruciate ligament injuries among female athletes: a systematic review of neuromuscular training interventions. *Journal Knee Surgery*. Jan, 18(1), 82-8.

Hewett, TE, Zazulak BT, Myer GD, Ford KR (2005b). A review of electromyographic activation levels, timing differences, and increased anterior cruciate ligament injury incidence in female athletes. *Br J Sports Med*. Jun, 39(6), 347-50.

Lephart, SM, Myers JB, Riemann BL (2003). Role of proprioception in functional joint stability. En: DeLee, Drez & Miller. *Orthopaedic Sports Medicine: Principles and Practice*, 2a. ed. Philadelphia: Saunders.

Mandelbaum BR, Silvers HJ, Watanabe D, Knarr JF, Thomas SD, Griffin LY, Kirkendall DT, Garrett W Jr. (2005). Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2 years follow-up. *American Journal Sports Medicine*. Jul, 33(7), 1003-10.

Osorio JA, Clavijo MP, Arango EF & cols (2006). Lesiones deportivas: ¿cuáles son?, ¿cómo ocurren?, ¿por qué se presentan?. Universidad de Antioquia, Facultad de Medicina. Artículo en proceso de publicación.

Ruíz, Francisco Tarantino (2004). Propiocepción: introducción teórica. Internet: www.efisioterapia.net/descargas/pdfs/PROPIOCEPCION_INTRODUCCION_TEORICA.pdf.

Ruíz, Jesús (2001). El esquema fisiológico del equilibrio. Internet: www.otorrinoweb.com/_izquie/temas/05.1equi/esquema_2.htm.

Saavedra MP, Coronado ZR, Chávez AD, Díez GMP (2003). Relación entre fuerza muscular y propiocepción de rodilla en sujetos asintomáticos. *Rev Mex Med Fis Rehab*, 15(1), 17-23.

Wojtys EM, Huston LJ, Taylor PD, Bastian SD (1996). Neuromuscular adaptations in isokinetic, isotonic, and agility training programs. *Am J Sports Med*. Mar-Apr;24(2):187-92

Yang J, Marshall SW, Bowling JM, Runyan CW, Mueller FO, Lewis MA (2005). Use of discretionary protective equipment and rate of lower extremity injury in high school athletes. *Am J Epidemiol*. 161, 511-519.

9. Guía de ejercicios de propiocepción

9.1 Cadera: Guía de ejercicios de propiocepción

Figura 01

Posición: bípedo

Material: ninguno

Movimiento: flexión de cadera a 90° con rodilla extendida y dorsiflexión pierna de apoyo con rodilla en extensión.



Figura 02

Posición: bípedo

Material: ninguno

Movimiento: extensión de cadera a 45° con leve flexión de rodilla, pierna de apoyo con rodilla en extensión



Figura 03

Posición: bípedo

Material: ninguno

Movimiento: adducción de cadera unilateral partiendo de la posición neutra, dorsiflexión de tobillo



Figura 04

Posición: bípedo

Material: ninguno

Movimiento: abducción de cadera unilateral con leve inclinación lateral de tronco mas rodilla en extensión



Figura 05

Posición: bípedo

Material: ninguno

Movimiento: abducción de cadera bilateral maximal, con apoyo en talones



Figura 06

Posición: bípedo

Material: ninguno

Movimiento: flexión de cadera a 90° con flexión de rodilla.



Figura 07

Posición: bípedo

Material: ninguno

Movimiento: flexión de tronco con abducción de brazos, mas extensión de cadera, as extensión de rodilla y la pierna de apoyo con rodilla en extensión



Figura 08

Posición: decúbito supino

Material: ninguno

Movimiento: flexión bilateral de rodilla con elevación de cadera mas retroversión de pelvis.



Figura 009

Posición: decúbito supino

Material: ninguno

Movimiento: flexión de rodilla apoyada y elevación de cadera mas retroversión de pelvis mas extensión de rodilla.



Figura 010

Posición: decúbito prono

Material: ninguno

Movimiento: extensión de cadera mas extensión de rodilla



Figura 011

Posición: decúbito prono

Material: ninguna

Movimiento: extensión de cadera, flexión de rodilla.



Figura 012

Posición: decúbito prono

Material: ninguno

Movimiento: extensión de troncos
elevación de piernas bilateral.



Figura 013

Posición: decúbito Lateral

Material: ninguno

Movimiento: abducción de cadera mas
rodilla en extensión



Figura 014

Posición: decúbito lateral

Material:ninguno

Movimiento: adducción de de cadera
desde el piso hacia arriba.



Figura 015

Posición: sedente

Material: ninguno

Movimiento: abducción de cadera
bilateral tronco recto



Figura 016

Posición: sedente

Material: ninguno

Movimiento: abducción de cadera bilateral, lateralización de tronco a la derecha –izquierda.



Figura 017

Posición: sedente

Material: ninguno

Movimiento: abducción de cadera bilateral mas flexión de tronco



Figura 018

Posición: cuadrúpeda

Material: ninguno

Movimiento: mantiene la posición la posición



Figura 019

Posición: cuadrúpeda

Material: ninguno

Movimiento: mantiene la posición la posición mas extensión de cadera mas rodilla en extensión.



Figura 020

Posición: cuadrúpeda

Material: ninguno

Movimiento: flexión de cadera unilateral



Figura 021

Posición: cuadrúpeda

Material: ninguna

Movimiento: mantiene la posición más extensión de cadera mas flexión de rodilla mas dorsiflexión de tobillo.



Figura 022

Posición: decúbito supino

Material: ninguno

Movimiento: flexión de cadera a 90° mas extensión de rodilla



Figura 023

Posición: decúbito lateral

Material: ninguna

Movimiento: extensión de cadera mas rodilla extendida



Figura 024

Posición: decúbito lateral

Material: ninguno

Movimiento: flexión de cadera bilateral sosteniendo el balón con punta de pie



Figura 025

Posición: decúbito supino

Material: theraball

Movimiento: flexión de cadera a 45° bilateral sosteniendo el balón con punta de pie.



Figura 026

Posición: decúbito supino

Material: theraball

Movimiento: flexión de cadera a 90° bilateral sosteniendo el balón con punta de pie.



Figura 027

Posición: decúbito supino

Material: theraball

Movimiento: flexión de cadera bilateral, sostiene el balón entre las rodillas presionando hacia adducción.



Figura 028

Posición: decúbito supino

Material: theraball

Movimiento: sostiene balón entre las piernas, realiza flexión de cadera bilateral con flexión de rodillas.



Figura 029

Posición: decúbito supino

Material: theraball 65 cm

Movimiento: flexión de cadera bilateral sosteniendo el balón con planta del pie y rodilla en flexión



Figura 030

Posición: decúbito supino

Material: theraball 65cm

Movimiento: flexión de cadera bilateral sosteniendo el balón con punta de pie



Figura 031

Posición: decúbito supino

Material: theraball

Movimiento: flexión de cadera bilateral con balón en la parte posterior, elevación de cadera



Figura 032

Posición: cuadrúpeda

Material: theraball

Movimiento: extensión de cadera unilateral mas extensión de rodilla



Figura 033

Posición: cuadrúpeda

Material: theraball

Movimiento: extensión de cadera unilateral
flexión de rodilla



Figura 034

Posición: cuadrúpeda

Material: theraball

Movimiento: abducción de cadera con el pie sobre el balón, el pie contrario realiza flexión de rodilla con la punta del pie hacia el frente



Figura 035

Posición: cuadrúpeda

Material: theraball

Movimiento: extensión de cadera bilateral
mas extensión de rodilla



Figura 036

Posición: sedente

Material: tabla inestable

Movimiento: mantener la posición sedente con rodilla en extensión con apoyo de brazos



Figura 037

Posición: sedente

Material: tabla inestable

Movimiento: mantener la posición sedente con rodilla en extensión con apoyo de brazos



Figura 038

Posición: sedente

Material: tabla inestable

Movimiento: mantener la posición sedente con rodilla en extensión con apoyo de brazos



Figura 039

Posición: sedente

Material: tabla inestable

Movimiento: mantener la posición sedente con rodilla en extensión con apoyo de brazos



Figura 040

Posición: decúbito supino

Material: theraband

Movimiento: con ayuda del theraband realiza flexión de cadera a 90º



Figura 041

Posición: decúbito lateral

Material: theraband

Movimiento: rotación de tronco inferior mas flexión de cadera



Figura 042

Posición: decúbito lateral

Material: theraband

Movimiento: flexión de cadera mas abducción de cadera



Figura 043

Posición: sedente

Material: theraband

Movimiento: Flexión de cadera unilateral



Figura 044

Posición: sedente

Material: theraband

Movimiento: abducción de cadera bilateral



Figura 045

Posición: sedente mas flexión de cadera mas flexión de rodilla

Material: theraband

Movimiento: abducción de cadera bilateral con talones juntos



Figura 046

Posición: sedente mas flexión de cadera mas flexión de rodilla

Material: pelota

Movimiento: adducción de cadera bilateral con talones juntos



Figura 047

Posición: decúbito supino

Material: theraband

Movimiento: abducción de cadera mas flexión de cadera y extensión de rodilla



Figura 048

Posición: decúbito prono

Material: theraband

Movimiento: Extensión de cadera con extensión de rodilla



Figura 049

Posición: decúbito lateral

Material: theraband

Movimiento: abducción unilateral mas extensión de rodilla



Figura 050

Posición: bípedo

Material: theraband o theratuby

Movimiento: flexión de cadera unilateral



Figura 051

Posición: bípedo

Material: theraband o theratuby

Movimiento: adducción de cadera unilateral



Figura 052

Posición: bípedo

Material: theraband o theratuby

Movimiento: extensión de cadera unilateral



Figura 053

Posición: bípedo

Material: theraband o theratuby

Movimiento: abducción de cadera y flexión de rodilla



Figura 054

Posición: bípedo

Material: theraband o theratuby

Movimiento: continua el movimiento anterior con adducción de cadera y flexión de rodilla



Figura 055

Posición: bípedo

Material: theraband o theratuby

Movimiento: flexión de cadera y flexión de rodilla



Figura 056

Posición: bípedo

Material: tabla inestables

Movimiento: apoyo unipodal con leve flexión de rodilla y abducción de cadera contralateral.



9.2 Rodilla. Guía de ejercicios de propiocepción

Figura 057

Posición: bípedo

Material: ninguno

Movimiento: media sentadilla, brazos al frente



Figura 058

Posición: bípedo

Material: pelota

Movimiento: media sentadilla, brazos al frente sostiene pelota



Figura 059

Posición: bípedo

Material: pelota

Movimiento: media sentadilla, sostiene pelota a nivel de las rodillas, brazos al frente



Figura 060

Posición: bípedo

Material: ninguno

Movimiento: flexión de rodilla unilateral, abducción de cadera contra lateral con apoyo en el piso



Figura 061

Posición: bípedo

Material: ninguno

Movimiento: flexión de rodilla unilateral, flexión de cadera contraria a 45°



Figura 062

Posición: bípedo

Material: ninguno

Movimiento: flexión de rodilla unilateral, extensión de cadera contraria y leve flexión de rodilla sin apoyo



Figura 063

Posición: sedente

Material: theraball

Movimiento: mantiene la posición sobre el balón



Figura 064

Posición: decúbito supino

Material: theraball

Movimiento: Ambas piernas sobre el balón, ejerce presión hacia la flexión de rodilla



Figura 065

Posición: de rodillas

Material: theraball

Movimiento: estira cuádriceps



Figura 066

Posición: bípedo

Material: theraball

Movimiento: apoyo de rodilla en el balón, flexión de cadera contraria, estira psoas



Figura 067

Posición: bípedo

Material: theraball

Movimiento: semiflexión de rodilla unilateral y abducción de cadera contraria con apoyo sobre el balón



Figura 068

Posición: bípedo

Material: theraball

Movimiento: flexión de cadera unilateral y extensión de cadera contraria con apoyo sobre el Balón



Figura 069

Posición: bípedo

Material: theraball, pelota

Movimiento: media sentadilla, sostiene pelota a nivel de las rodillas, apoya espalda en theraball



Figura 070

Posición: bípedo

Material: theraball, pelota

Movimiento: media sentadilla, sostiene pelota a nivel de las rodillas, apoya espalda en theraball



Figura 071

Posición: bípedo

Material: theraball, pelota

Movimiento: media sentadilla, brazos al frente apoya un pie en la pelota, apoya espalda en theraball



Figura 072

Posición: bípedo

Material: tabla inestable, theraball,

Movimiento: media sentadilla sobre la tabla, brazos al frente, apoya espalda en theraball



Figura 073

Posición: bípedo

Material: tabla inestable, theraball, pelota

Movimiento: media sentadilla sobre la tabla, brazos al frente, apoya espalda en theraball, pelota entre las rodillas

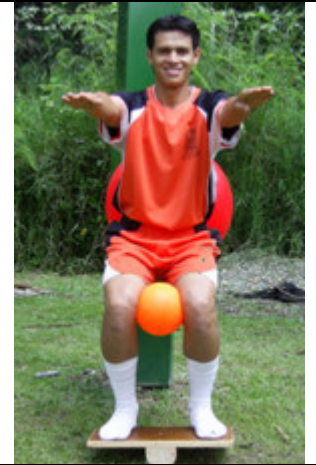


Figura 074

Posición: bípedo

Material: tabla inestable, theraball, pelota

Movimiento: media sentadilla sobre la tabla, brazos al frente, apoya espalda en theraball, pelota entre las rodillas, flexión de cadera unilateral



Figura 075

Posición: bípedo

Material: tabla inestable

Movimiento: flexión de cadera con flexión de rodilla, con apoyo en talón sobre la tabla



Figura 076

Posición: bípedo

Material: tabla inestable

Movimiento: flexión de cadera con flexión de rodilla, con apoyo total sobre la tabla



Figura 077

Posición: bípedo

Material: tabla inestable

Movimiento: flexión de cadera con flexión de rodilla, con apoyo total sobre la tabla



Figura 078

Posición: decúbito prono

Material: theraband

Movimiento: flexión de rodilla unilateral, con la rodilla contraria fija en extensión



Figura 079

Posición: decúbito prono

Material: theraband

Movimiento: Extensión de rodilla unilateral, con la rodilla contraria fija en flexión



Figura 080

Posición: decúbito lateral

Material: theraband

Movimiento: flexión de cadera unilateral, con rodilla contraria fija en extensión



Figura 081

Posición: bípedo

Material: theraband o theratuby

Movimiento: flexión de rodilla con extensión de cadera



9. Tobillo. Guía de ejercicios de propiocepción

Figura 082

Posición: bípedo

Material: ninguno

Movimiento: apoyo bilateral en punta de pies



Figura 083

Posición: bípedo

Material: ninguno

Movimiento: apoyo bilateral en talones



Figura 084

Posición: bípedo

Material: ninguno

Movimiento: apoyo bilateral en borde externo



Figura 085

Posición: bípedo

Material: ninguno

Movimiento: apoyo bilateral en borde externo



Figura 086

Posición: bípedo

Material: tabla inestable

Movimiento: mantener la posición con apoyo bilateral un pie delante del otro



Figura 087

Posición: bípedo

Material: tabla inestable

Movimiento: mantener la posición con apoyo bilateral un pie delante del otro



Figura 088

Posición: bípedo

Material: tabla inestable

Movimiento: mantener la posición con apoyo bilateral un pie delante del otro

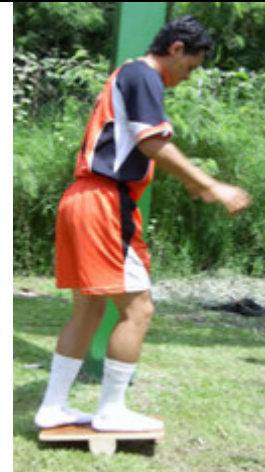


Figura 089

Posición: bípedo

Material: tabla inestable

Movimiento: mantener la posición con apoyo bilateral paralelo



Figura 090

Posición: bípedo

Material: tabla inestable

Movimiento: mantener la posición con apoyo unipodal, abducción de cadera



Figura 091

Posición: bípedo

Material: tabla inestable

Movimiento: mantener la posición con apoyo unipodal, flexión de cadera



Figura 092

Posición: bípedo

Material: tabla inestable

Movimiento: mantener la posición con apoyo unipodal, aducción de cadera



Figura 093

Posición: bípedo

Material: tabla inestable

Movimiento: mantener la posición con apoyo unipodal, extensión de cadera



Figura 094

Posición: bípedo

Material: tabla inestable

Movimiento: mantener la posición con apoyo unipodal, extensión de cadera y leve flexión de rodilla



Figura 095

Posición: bípedo

Material: tabla inestable

Movimiento: mantener la posición con apoyo unipodal, abducción de cadera



Figura 096

Posición: bípedo

Material: tabla inestable

Movimiento: apoyo unipodal en la tabla, flexión de cadera con apoyo



Figura 097

Posición: bípedo

Material: tabla inestable

Movimiento: apoyo unipodal en la tabla, flexión de cadera con apoyo



Figura 098

Posición: bípedo

Material: tabla inestable

Movimiento: mantener la posición con apoyo bilateral paralelo



Figura 099

Posición: sedente

Material: theraband

Movimiento: dorsiflexión de tobillo unilateral



Figura 100

Posición: sedente

Material: theraband

Movimiento: plantiflexión de tobillo unilateral



Figura 101

Posición: sedente

Material: theraband

Movimiento: versión de tobillo bilateral



Figura 102

Posición: sedente

Material: theraband

Movimiento: plantiflexión de tobillo unilateral



Figura 103

Posición: bípedo

Material: ninguno

Movimiento: marcha en talones



Figura 104

Posición: bípedo

Material: ninguno

Movimiento: marcha en puntas de pies

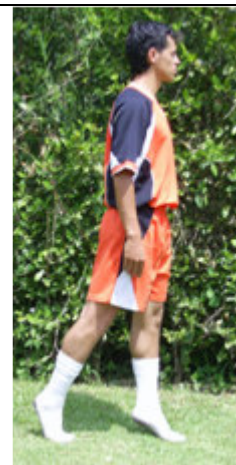


Figura 105

Posición: bípedo

Material: ninguno

Movimiento: marcha en superficie angosta

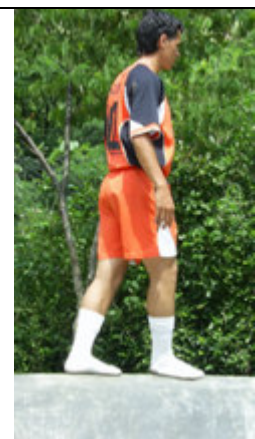


Figura 106

Posición: bípedo

Material: ninguno

Movimiento: marcha en superficie angosta



Figura 107

Posición: bípedo

Material: ninguno

Movimiento: salto hacia escalón con apoyo bilateral



Figura 108

Posición: bípedo

Material: ninguno

Movimiento: salto hacia escalón con apoyo unilateral

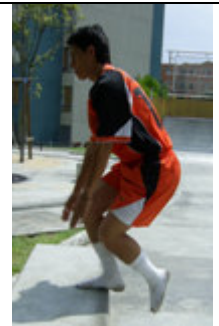


Figura 109

Posición: bípedo

Material: ninguno

Movimiento: marcha en superficie angosta



Figura 110

Posición: bípedo

Material: plano inclinado

Movimiento: marcha al frente en puntas de pies



Figura 111

Posición: bípedo

Material: plano inclinado

Movimiento: marcha al frente en puntas de pies

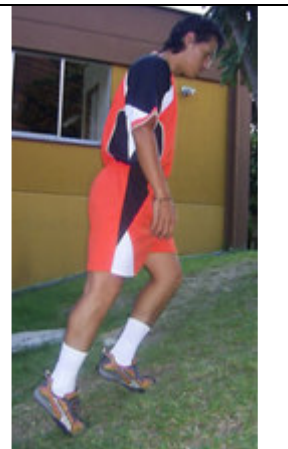


Figura 112

Posición: bípedo

Material: plano inclinado

Movimiento: desplazamiento lateral en puntas de pies



Figura 113

Posición: bípedo

Material: plano inclinado

Movimiento: desplazamiento de espalda en puntas de pies

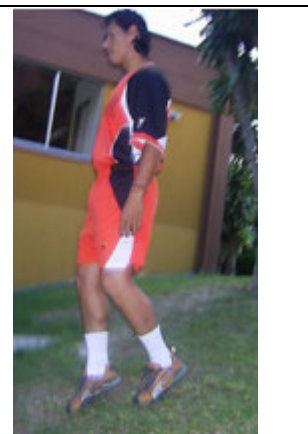


Figura 114

Posición: bípedo

Material: plano inclinado

Movimiento: marcha al frente en talones



Figura 115

Posición: bípedo

Material: plano inclinado

Movimiento: desplazamiento lateral en talones



Figura 116

Posición: bípedo

Material: plano inclinado

Movimiento: desplazamiento de espalda en talones

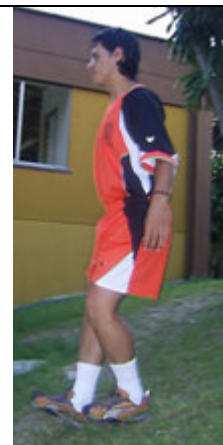


Figura 117

Posición: bípedo

Material: plano inclinado

Movimiento: marcha al frente en borde externo



Figura 118

Posición: bípedo

Material: plano inclinado

Movimiento: marcha al frente en borde interno



Figura 119

Posición: bípedo

Material: plano inclinado

Movimiento: desplazamiento de espalda en externo



Figura 120

Posición: bípedo

Material: plano inclinado

Movimiento: desplazamiento de espalda en borde interno



Figura 121

Posición: bípedo

Material: plano inclinado

Movimiento: desplazamiento lateral en borde externo



Figura 122

Posición: bípedo

Material: plano inclinado

Movimiento: desplazamiento lateral en borde interno



Figura 123

Posición: bípedo

Material: plano inclinado, theraband a nivel de tobillos

Movimiento: marcha al frente en puntas de pies



Figura 124

Posición: bípedo

Material: plano inclinado, theraband a nivel de tobillos

Movimiento: desplazamiento lateral en puntas de pies

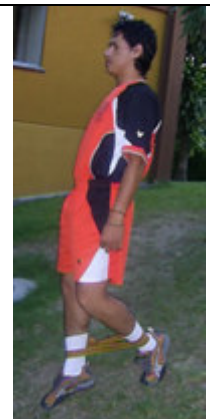


Figura 125

Posición: bípedo

Material: plano inclinado, theraband a nivel de tobillos

Movimiento: desplazamiento de espalda en puntas de pies

**Figura 126**

Posición: bípedo

Material: plano inclinado, theraband a nivel de tobillos

Movimiento: desplazamiento de espalda en talones

**Figura 127**

Posición: bípedo

Material: plano inclinado, theraband a nivel de tobillos

Movimiento: desplazamiento lateral en talones

**Figura 128**

Posición: bípedo

Material: theraband a nivel de tobillos

Movimiento: marcha en puntas de pies



Figura 129

Posición: bípedo

Material: theraband a nivel de tobillos

Movimiento: marcha al frente en talones



Figura 130

Posición: bípedo

Material: theraband a nivel de tobillos

Movimiento: desplazamiento lateral en puntas



Figura 131

Posición:

Material: theraband a nivel de tobillos

Movimiento: desplazamiento lateral en talones



Figura 132

Posición: bípedo

Material: theraband a nivel de tobillos

Movimiento: desplazamiento de espalda en talones



Figura 133

Posición: bípedo

Material: theraband a nivel de tobillos

Movimiento: desplazamiento de espalda en puntas de pies

