



UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA  
FACULTAD DE MEDICINA  
CARRERA KINESIOLOGÍA

**“EFECTIVIDAD DE UN PROGRAMA DE  
ENTRENAMIENTO PROPIOCEPTIVO UTILIZANDO  
DISCO FREEMAN PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD  
DE TOBILLO EN PATINADORAS ARTÍSTICAS SOBRE  
RUEDAS EN CHILE ENTRE 14 Y 18 AÑOS DE EDAD  
ENTRE LOS AÑOS 2013-2014”**

Tesis para optar al Grado de  
Licenciado en Kinesiología

AUTORES: CAMILA ITURRA ROJO.

CAMILA VALDEBENITO TEJOS.

Temuco, Enero 2013



UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA  
FACULTAD DE MEDICINA  
CARRERA KINESIOLOGÍA

**“EFECTIVIDAD DE UN PROGRAMA DE  
ENTRENAMIENTO PROPIOCEPTIVO UTILIZANDO  
DISCO FREEMAN PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD  
DE TOBILLO EN PATINADORAS ARTÍSTICAS SOBRE  
RUEDAS EN CHILE ENTRE 14 Y 18 AÑOS DE EDAD  
ENTRE LOS AÑOS 2013-2014”**

Tesis para optar al Grado de  
Licenciado en Kinesiología

AUTORES: CAMILA ITURRA ROJO.

CAMILA VALDEBENITO TEJOS.

PROFESOR GUÍA: KLGO. JUAN CARLOS VOGEL

Temuco, Enero 2013

## **Agradecimientos**

Agradecemos el apoyo de nuestras familias, amigos/as, profesores y todo aquel que hizo posible la realización de este proyecto de tesis.

En especial agradecemos la disposición de la profesora de patinaje Claudia Pérez, quien nos orientó y aportó información relevante sobre este gran deporte.

Destacar la ayuda de nuestros profesores y kinesiólogos: Pamela Serón, Claudio Bascour quienes nos guiaron en ciertos aspectos importantes para la realización del proyecto.

Agradecemos profundamente la buena disposición, tiempo, entrega y compromiso brindado por nuestra profesora informante, la klga. Jossiana Robinovich, quién nos ayudó en la elaboración de nuestra presentación e informe final de tesis.

Por último agradecer a nuestro profesor guía el Klgo. Juan Carlos Vogel quien nos acompañó durante este proceso.

Muchas gracias.

Camila Iturra Rojo

Camila Valdebenito Tejos

# Índice

Resumen.....	1
Introducción.....	2
<b>1. Descripción del problema.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Marco Teórico.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Propiocepción y Estabilidad.....</b>	<b>6</b>
2.1.1 Concepto de propiocepción.....	6
2.1.2 Sistema Propioceptivo Articular.....	6
2.1.3 Tipos de receptores.....	7
- Exteroceptores.....	7
- Propioceptores.....	8
- Propioceptores musculotendinosos.....	9
- Propioceptores Articulares.....	11
2.1.4 Función Propioceptores.....	12
2.1.5 Propioceptores de adaptación rápida y lenta.....	12
2.1.6 Bases anatómicas y fisiológicas de la propiocepción.....	14
2.1.7 Concepto de Estabilidad.....	16
2.1.8 Propiocepción y Estabilidad.....	19
2.1.8.1 Estabilidad y pierna dominante.....	20

<b>2.2 Anatomía funcional y biomecánica de tobillo</b> .....	23
2.2.1 Articulación tibiofibulotalar.....	25
2.2.1.1 Estabilidad antero-posterior articulación tibiofibulotalar.....	27
2.2.1.2 Estabilidad transversal articulación tibiofibulotalar.....	28
2.2.2 Articulación subtalar.....	29
2.2.3 Articulación Mediotarsiana.....	30
2.2.4 Miología.....	32
2.2.5 Ejes de movimientos.....	34
2.2.6 Distribución de cargas.....	35
2.2.7 Movimientos del tobillo.....	36
2.2.7.1 Movimiento articulación tibio fibular.....	36
2.2.7.2 Movimiento articulación subtalar y mediotarsiana.....	36
2.2.8 Hiperlaxitud.....	37
<b>2.3 Entrenamiento propioceptivo</b> .....	39
2.3.1 Esquema de un entrenamiento propioceptivo.....	41
2.3.2 Entrenamiento propioceptivo y fuerza.....	44
2.3.3 Entrenamiento propioceptivo y coordinación.....	45
2.2.4 Entrenamiento propioceptivo y flexibilidad.....	47
<b>2.4 Patinaje Artístico</b> .....	48
2.4.1 Patinaje.....	48

2.4.2 Patín.....	48
2.4.3 Patinador.....	49
2.4.4 Lesiones en el patinaje.....	50
2.4.5 Biomecánica patinaje artístico.....	51
2.4.5.1 Importancia del tobillo en el patinaje.....	51
2.4.6 Conceptos básicos del patinaje.....	52
2.4.7 Estabilidad en el patinaje artístico sobre ruedas.....	53
2.4.8 Saltos en el patinaje artístico.....	55
2.4.9 Trompos.....	55
<b>3. Revisión de la Literatura.....</b>	<b>57</b>
3.1 Buscadores.....	57
3.2 Términos utilizados.....	57
3.3 Resultados de la búsqueda.....	57
3.4 Análisis crítico de la literatura.....	58
<b>4. Metodología de la Investigación.....</b>	<b>63</b>
4.1 Pregunta de investigación.....	63
4.2 Objetivos.....	63
4.3 Diseño del estudio.....	64
4.4 Justificación del diseño.....	66
4.5 Justificación de la pregunta.....	66

4.5.1 Características FINER.....	66
4.6 Principios Éticos.....	68
4.7 Consentimiento Informado.....	69
4.8 Asentimiento Informado.....	70
4.9 Población de estudio.....	70
- Población Diana.....	70
- Población Accesible.....	70
4.10 Selección de la Muestra y criterios de elegibilidad.....	70
- Criterios de Inclusión.....	71
- Criterios de Exclusión.....	71
4.11 Cálculo tamaño Muestra.....	72
4.12 Variables del Estudio.....	72
4.12.1 Variable de Respuesta.....	72
4.12.2 Variable de Intervención.....	73
4.12.3 Variables de Control.....	79
4.13 Mediciones.....	79
- Variables de respuesta.....	79
- Variables de Control.....	85
<b>5. Propuesta de Análisis Estadístico.....</b>	<b>89</b>
5.1 Hipótesis.....	89
- Hipótesis Alternativa.....	89

- Hipótesis Nula.....	89
5.2 Análisis Descriptivo.....	89
5.3 Análisis Inferencial.....	90
<b>6. Administración y Presupuesto.....</b>	<b>91</b>
6.1 Administración.....	91
6.2 Equipo de trabajo.....	91
6.3 Recursos y presupuesto.....	93
6.3.1 Recursos humanos.....	93
6.3.2 Recursos materiales.....	94
- Bienes de capital.....	94
- Bienes fungibles.....	94
6.3.3 Gastos de traslado.....	94
6.4 Cronograma de actividades.....	95
6.5 Carta Gantt.....	97
<b>7. Anexos.....</b>	<b>98</b>
<b>8. Bibliografía.....</b>	<b>112</b>

## Índice de figuras

Figura 1.....	16
Figura 2.....	24
Figura 3 .....	25
Figura 4.....	25
Figura 5.....	29
Figura 6.....	31
Figura 7.....	31
Figura 8.....	33
Figura 9.....	33
Figura 10.....	34
Figura 11.....	35
Figura 12.....	35
Figura 13.....	36
Figura 14.....	36
Figura 15.....	36
Figura 16.....	37
Figura 17.....	49
Figura 18.....	51
Figura 19.....	53
Figura 20.....	53
Figura 21.....	53
Figura 22.....	72
Figura 23.....	77
Figura 24.....	80
Figura 25.....	81
Figura 26.....	83
Figura 27.....	83
Figura 28.....	84
Figura 29.....	86
Figura 30.....	87

## Índice de tablas

Tabla 1.....	75
Tabla 2.....	78
Tabla 3.....	79
Tabla 4.....	84
Tabla 5.....	85

## Resumen

**Introducción:** A diferencia de otras zonas del cuerpo humano, el tobillo es una articulación que, casi en todos los deportes, puede llegar a verse lesionada. Tener unos tobillos estables, permitirá disminuir la posibilidad de sufrir lesiones en estas articulaciones.

La estabilidad es un factor muy importante que debe poseer una persona que practique patinaje artístico<sup>1</sup> y se mantiene gracias a la propiocepción<sup>2</sup>.

**Objetivo:** Determinar si el programa de entrenamiento propioceptivo seleccionado utilizando disco Freeman mejora la estabilidad de tobillo en jóvenes que practican patinaje artístico en Chile entre 14 y 18 años de edad entre los años 2013-2014.

**Hipótesis:** El programa de entrenamiento propioceptivo seleccionado utilizando disco Freeman mejorará la estabilidad de tobillo en jóvenes que practican patinaje artístico en Chile entre 14 y 18 años de edad entre los años 2013-2014.

**Material y Método:** Se llevará a cabo un Ensayo clínico controlado aleatorizado simple ciego en 368 patinadoras artísticas sobre ruedas amateur de entre 14 y 18 años de edad. Este diseño cuenta con un grupo de intervención (184), al que se le aplicará, adicional a un programa de ejercicios base, un programa de entrenamiento propioceptivo con disco Freeman. Y un grupo de control (184) que solo realizará el programa de entrenamiento base. Ambos grupos serán sometidos a evaluaciones iniciales y finales. Los sujetos del grupo de intervención realizarán un programa de entrenamiento de balance que tendrá una duración de 5 semanas.

## Introducción

El patinaje artístico sobre ruedas nace en 1778 en Inglaterra. Es una disciplina deportiva de deslizamiento, de combinación única de atletismo, fuerza, resistencia, gracia y arte donde los deportistas compiten sobre patines<sup>4</sup>.

Teniendo en cuenta que el cuerpo humano es un organismo compuesto por sistemas, todos estos deben funcionar sincronizadamente para poder rendir al máximo. En el sistema músculo esquelético, no podemos evaluar a un músculo por separado, ya sea en fuerza, resistencia o potencia, o a una articulación analíticamente en sus movimientos más puros, o al ligamento o tendones simplemente desde su estructura<sup>4</sup>.

Evaluaciones analíticas de fuerza o de velocidad, que si bien son cualidades sumamente necesarias para un buen rendimiento deportivo, no garantizan en forma independiente un óptimo funcionamiento del deportista a la hora de someterse a las exigencias de la competencia. Al respecto existen estudios que indican que el déficit en el sentido de movimiento pasivo y la estabilidad automática son más preocupantes que el déficit muscular cuando se trata de un tobillo con inestabilidad funcional. Otro estudio concluye afirmando que incluso un funcionamiento relativamente bueno del músculo no compensa síntomas severos de inestabilidad<sup>4</sup>.

La habilidad para mantener el equilibrio está basada en los sistemas visual, vestibular y kinestésico. Este último incluye información propioceptiva y exteroceptiva, que se encontrarán afectadas por las características de cada sujeto<sup>5</sup>.

La agudeza propioceptiva desempeña un papel importante en el rendimiento de los atletas que requieren patrones de movimientos precisos<sup>4</sup>. Mantiene la estabilidad articular bajo condiciones dinámicas, proporcionando el control del movimiento deseado<sup>2</sup>.

La estabilidad es un factor muy importante en el patinaje artístico. Siendo esta muy necesaria para cualquier movimiento básico de la disciplina.

## 1. Descripción del Problema

La causa más común de lesiones relacionadas con el patinaje artístico sobre ruedas son las caídas. Cuando un/a patinador/a pierde el equilibrio y cae, puede dar lugar a distintos tipos de lesiones<sup>6</sup>, siendo las lesiones de tobillo las que tienen el mayor porcentaje, con un 27,7% seguido de las lesiones de rodilla con un 18,6%<sup>7</sup>.

Si bien en Chile no existen datos relacionados a las lesiones en éste deporte, existen aproximadamente 50 clubes de patinaje artístico sobre ruedas que cuentan con alrededor de 45 alumnas/os cada uno. Por lo que se presume que éste tipo de lesiones es prevalente.

Debido al efecto crítico de la función del tobillo - pie en la precisión, equilibrio y en las acrobacias involucradas en el patinaje artístico, es necesario mejorar la estabilidad de ésta articulación que juega un rol fundamental en la práctica de éste deporte.

La capacidad para mantener el equilibrio depende de una coordinación eficaz y eficiente de los múltiples sistemas sensoriales, biomecánicos y motores. La disfunción vestibular, las deficiencias visuales y la propiocepción disminuida pueden empeorar el equilibrio<sup>4</sup>.

La propiocepción, por su parte, es la mejor fuente sensorial para proveer la información necesaria para mediar el control neuromuscular y así mejorar la estabilidad articular funcional proporcionando un mayor equilibrio<sup>2</sup>.

El tratamiento para la inestabilidad de tobillo puede ser conservador o quirúrgico. El tratamiento conservador incluye fisioterapia, uso de aparatos ortopédicos y vendajes funcionales (Taping). El tratamiento quirúrgico dependerá del grado de inestabilidad o la ausencia de respuesta a los tratamientos conservadores<sup>8</sup>.

Estudios probaron que el aumento del control neuromuscular es el tratamiento que presenta mayor efectividad en la mejora de estabilidad. La rehabilitación de la propiocepción en tablas de entrenamiento propioceptivo ha demostrado ser muy efectiva, mejorando el balance, fuerza y coordinación lo que disminuye los síntomas de inestabilidad funcional, y a la vez, el riesgo de sufrir una lesión<sup>9</sup>.

Por esta razón nos planteamos la siguiente interrogante: ¿Es efectivo un programa de entrenamiento propioceptivo validado, basado en una compilación de protocolos de entrenamiento de balance y rehabilitación utilizando disco Freeman para mejorar la estabilidad de tobillo en jóvenes que practiquen patinaje artístico sobre ruedas en Chile entre 14 y 18 años de edad entre los años 2013-2014?

## 2. Marco Teórico

### 2.1 Propiocepción y Estabilidad

#### 2.1.1 Concepto de Propiocepción.

En los inicios el médico neurofisiólogo británico Charles Sherrington en 1906 definió propiocepción como “la habilidad de recibir contribuciones desde los músculos, tendones y articulaciones, e información en forma significativa al sistema nervioso central (SNC)” y “asistir en el conocimiento de donde está una extremidad en el espacio”<sup>10</sup>.

La propiocepción remite específicamente a la apreciación consciente e inconsciente de la posición articular<sup>10</sup>. La posición articular está influenciada por diferentes modalidades de receptores (entre ellos visuales y cutáneos), aunque en el trabajo de prevención los mecanorreceptores son los más importantes<sup>11</sup>.

#### 2.1.2 Sistema Propioceptivo Articular.

El sistema propioceptivo articular está compuesto por una serie de receptores nerviosos que están en los músculos, articulaciones y ligamentos<sup>12</sup>.

Se encargan de detectar<sup>12</sup>.

- Grado de tensión muscular.
- Grado de estiramiento muscular.

Esta información es enviada a la médula y al cerebro para que la procese. Después, el cerebro procesa esta información y la manda a los músculos para que

realicen los ajustes necesarios en cuanto a la tensión y estiramiento muscular y así conseguir el movimiento deseado<sup>12</sup>.

Podemos decir que los propioceptores forman parte de un mecanismo de control de la ejecución del movimiento. Es un proceso subconsciente y muy rápido, lo realizamos de forma refleja<sup>12</sup>.

### **2.1.3 Tipos de receptores.**

- **Exteroceptores.**

El sistema propioceptivo se sirve de diferentes sensaciones provenientes del exterior. Debemos destacar el papel de la información visual, ya que, sirve de información auxiliar a la información proveniente del interior de nuestro organismo<sup>10</sup>.

Cuando se priva a una persona del sentido de la vista, aparece una alteración de su situación espacial y de la posición de todas sus estructuras<sup>10</sup>.

Los exteroceptores son:

- La visión (retina)<sup>13</sup>
- El aparato vestibular (otolitos: permiten al organismo notar las aceleraciones y la dirección de la gravedad)<sup>13</sup>
- La aportación de información plantar (barorreceptores: receptores de presión)<sup>13</sup>

La información que llega desde estos sensorios requiere una información propioceptiva adicional para adquirir sentido<sup>13</sup>.

El ojo se mueve en la órbita, mientras que el aparato vestibular está encerrado en una masa ósea. El sistema postural no puede integrar la información posicional a partir de estos dos sensorios a menos que conozca sus posiciones relativas, dadas por el sistema oculomotor<sup>13</sup>.

De modo similar, los receptores de presión que se encuentran en las plantas de los pies (barorreceptores) envían información al encéfalo que sólo puede ser interpretada si éste también recibe información acerca de las posiciones relativas de cabeza y pies, proveniente a su vez de receptores que se encuentran en los músculos de tobillos, piernas, cadera, pelvis, columna vertebral y cuello, la que estimula los reflejos de enderezamiento<sup>13</sup>.

En consecuencia, los exteroceptores dependen de otro tipo de sensor para lograr una sensación coherente e integrada a partir de la información que alcanza el encéfalo, a saber, estructuras dirigidas hacia el interior, conocidas como propioceptores<sup>13</sup>.

- **Propioceptores.**

Los propioceptores son receptores que se encuentran a lo largo de todo el organismo. Podemos encontrar gran cantidad de ellos en el aparato locomotor, especialmente en músculos, ligamentos, tendones y articulaciones<sup>10</sup>.

Los propioceptores son los encargados de transmitir impulso aferente a la médula informando sobre la posición, equilibrio, movimiento, presión y tensión de estas estructuras<sup>10</sup>.

Los receptores propioceptivos, situados en diferentes estructuras articulares, son transductores que transforman estímulos físicos de estrés por deformación mecánica en una señal nerviosa específica (Potencial Eléctrico), por tanto, se denominan mecanorreceptores. Se diferencian varios tipos de mecanorreceptores articulares y musculotendinosos dependiendo de su nivel de activación y acción<sup>14</sup>.

Se pueden encontrar tres tipos:

- Propioceptores musculotendinosos<sup>14</sup>.
- Propioceptores articulares<sup>14</sup>.
- Propioceptores vestibulares<sup>14</sup>.

- **Propioceptores Musculotendinosos.**

- **Huso muscular.**

Es un receptor sensorial propioceptor situado dentro de la estructura del músculo que se estimula ante estiramientos lo suficientemente fuertes de éste. Mide el grado de estiramiento del músculo, el grado de estimulación mecánica y la velocidad con que se aplica el estiramiento y manda la información al SNC. La acción de los husos musculares son la facilitación de los agonistas e inhibición de los antagonistas para que se realice un movimiento más eficaz<sup>15</sup>.

Ante velocidades muy elevadas de incremento de la longitud muscular, los husos proporcionan una información al SNC que se traduce en una contracción refleja del músculo denominada reflejo de estiramiento miotático, que sería un reflejo de protección ante un estiramiento brusco o excesivo. La información que mandan los husos musculares al SNC también hace que se estimule la musculatura sinergista al músculo activado, ayudando a una mejor contracción<sup>12</sup>.

Se ha hipotetizado que el sistema de 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 básicamente al final del movimiento articular, posiciones que no ocurren durante las actividades normales<sup>15</sup>.

#### - **Órgano Tendinoso de Golgi.**

Es otro receptor sensorial situado en los tendones y en la unión músculo-tendinosa y se encarga de medir la tensión y fuerza desarrollada por el músculo. Fundamentalmente, se activan cuando se produce una tensión peligrosa (extremadamente fuerte) en el complejo músculo-tendinoso, sobre todo si es de forma “activa”. Sería un reflejo de protección ante excesos de tensión en las fibras músculo-tendinosas que se manifiesta en una relajación de las fibras musculares. Así pues, sería el reflejo miotático inverso. Al contrario que con el huso muscular, cuya respuesta es inmediata, los órganos de Golgi necesitan un periodo de estimulación de unos 6-8 segundos para que se produzca la relajación muscular<sup>12</sup>.

- **Propioceptores Articulares.**

- **Corpúsculos de RUFFINI.**

Son sensibles a niveles bajos de deformación y pueden ser Estáticos (recogen información en posiciones mantenidas) y Dinámicos (recogen información en movimientos mantenidos). Son de adaptación lenta y se activan en situaciones de equilibrio dinámico y variaciones mantenidas de estrés de los tejidos<sup>14</sup>.

Indican la posición articular, la velocidad del movimiento, el ángulo articular y el estrés o tensión de los tejidos articulares<sup>14</sup>.

- **Corpúsculos de PACCINI.**

Son mecanorreceptores de adaptación rápida. Señalan el inicio y final del movimiento y los cambios dinámicos de la deformación de los tejidos. En cambio, no se estimulan con estados de equilibrio dinámico o constante (responsabilidad de los corpúsculos de Ruffini). Producen descargas sólo en dos ocasiones<sup>14</sup>:

- Durante la aplicación o retirada de una fuerza<sup>14</sup>.
- Durante la aceleración y desaceleración del movimiento articular<sup>14</sup>.

- **Terminaciones libres.**

Son receptores que sólo responden cuando los estímulos sobrepasan los habituales y, responden a deformación de los tejidos por compresión, tracción y flexión. La sensación que origina su estímulo es dolorosa<sup>14</sup>.

## - **Corpúsculos de GOLGI.**

Estos receptores responden a fuerzas de tracción, pero tienen un umbral muy alto. También pueden activarse con fuerzas de compresión. En la articulación se disponen en los ligamentos, cápsula y/o meniscos. El reflejo que establecen en la médula es polisináptico y se recoge su aferencia en la corteza sensitiva cerebral<sup>14</sup>.

### **2.1.4 Función Propioceptores.**

Estos tienen una importante función en la sensación de la posición articular como también en el control del tono muscular y generación de respuestas reflejas<sup>14</sup>.

Los propioceptores responden a diferentes estímulos y dan información aferente específica que modifica la función neuromuscular, función dada por la combinación del sistema nervioso y muscular que permite el movimiento y la locomoción<sup>14</sup>.

### **2.1.5 Propioceptores de adaptación rápida y lenta.**

Los mecanorreceptores también se clasifican como de adaptación rápida, porque cesan de emitir descargas poco después del inicio del estímulo, van disminuyendo su ritmo de descarga hasta su extinción en milésimas de segundos. Son muy sensibles a los cambios de estímulo<sup>16</sup>. Y están los de adaptación lenta, porque siguen descargando mientras el estímulo sigue presente, o sea mantienen su ritmo de descarga. Se estimulan al máximo en ángulos específicos. En las

articulaciones sanas se cree que los mecanorreceptores de adaptación rápida procuran sensaciones conscientes e inconscientes como respuesta al movimiento o aceleraciones articulares, mientras los mecanorreceptores de adaptación lenta aportan continuamente retroalimentación y, por tanto, información propioceptiva sobre la posición articular<sup>16</sup>.

Los mecanorreceptores capsuloligamentosos también parecen influir directamente sobre las motoneuronas gama<sup>17</sup>.

Las motoneuronas se clasifican según su función en<sup>17</sup>.

- **Motoneuronas alfa fásicas:** se encargan de inervar las fibras musculares blancas, responsables de contracciones musculares rápidas, breves y precisas, como ocurre en la musculatura extrínseca ocular<sup>17</sup>.
- **Motoneuronas alfa tónicas:** se encargan de inervar las fibras musculares rojas, capaces de contracción sostenida y duradera, como sucede con los músculos posturales<sup>17</sup>.
- **Motoneuronas gamma:** se encargan de inervar las fibras intrafusales de los husos neuromusculares, haciendo variar su umbral<sup>17</sup>.

El incremento de la activación de la motoneurona alfa facilita la estabilidad articular controlando la sensibilidad muscular e indirectamente ajustando la rigidez muscular. Esto aumenta la capacidad para absorber energía adicional desde fuerzas desestabilizadoras y poder proteger los ligamentos responsables de la estabilidad aislada<sup>6</sup>. En un nivel motor alto, los receptores articulares pueden jugar un rol

esencial en el desarrollo de la adaptación del programa motor para compensar la pérdida de estabilidad mecánica<sup>18</sup>.

La información propioceptiva transmitida desde los mecanorreceptores que se encuentran en las estructuras capsuloligamentosas, influyen la coordinación de los patrones motores, actividad refleja, y la rigidez articular que provee aun mayor estabilidad articular<sup>10</sup>.

### **2.1.6 Bases anatómicas y fisiológicas de la propiocepción.**

La integración y control del aparato locomotor se lleva a cabo a nivel del sistema nervioso central, donde se gestiona la información proveniente de tres sistemas periféricos: el sistema propioceptivo, el sistema visual y el sistema vestibular. El sistema propioceptivo capta la información desde los mecanorreceptores situados a nivel articular, muscular, tendinoso y cutáneo. Estos receptores, traducen la deformación mecánica de los distintos tejidos en los que se localizan en una señal neural de frecuencia modulada que es transmitida a centros superiores. Un aumento del estímulo de la deformación es codificado como un aumento del ritmo de descarga aferente y/o un incremento de la población de receptores activados<sup>18</sup>.

El sistema visual proporciona información que es la referencia para la orientación del cuerpo y sus partes en el espacio. Cuando existe una alteración propioceptiva, el control postural disminuye notablemente al cerrar los ojos. El sistema vestibular recibe información del vestíbulo y los canales semicirculares del oído. Esta información se usa para mantener la postura corporal. Juega un papel

menor en la propiocepción cuando están funcionando el sistema visual y propioceptivo<sup>18</sup>.

Toda la información recogida de estos tres sistemas se procesa y controla a tres niveles (propioceptivo, visual y vestibular): a nivel de la médula espinal, a nivel del tronco del encéfalo y a nivel cerebral superior (Fig. 1). A nivel medular, existen mecanismos que originan la fijación refleja de la articulación, mediante la co-contracción sinérgica de los músculos agonistas y antagonistas. El reflejo miotático es el primer mecanismo en actuar, aproximadamente a los 40 ms. La mayoría de las veces, este reflejo es insuficiente para estabilizar la articulación. El siguiente sistema en actuar es el que constituyen los reflejos automáticos medulares, que lo hacen a los 90ms. Es el primer sistema eficiente y está influenciado tanto por la intensidad del estímulo propioceptivo cómo por las experiencias previas del sujeto. El tercer sistema en actuar es el sistema voluntario, en torno a los 150 ms. A nivel tronco encefálico la aferencia propioceptiva, unida ya a la vestibular y visual, es procesada para controlar el mantenimiento de la postura y el equilibrio. A nivel cerebral superior tiene lugar el punto final de control, concretamente en el córtex motor y los ganglios basales. A este nivel se programa e inicia la actividad neuromuscular voluntaria consciente en función de las aferencias. Los movimientos que se repiten pueden ser almacenados cómo órdenes centrales para poder ser realizados de forma inconsciente. El resultado final de la gestión de toda esta información recogida y procesada es la percepción consciente de la posición y el movimiento articular, la estabilización articular

inconsciente mediante los reflejos espinales medulares y el mantenimiento de la postura y el equilibrio<sup>18</sup>.

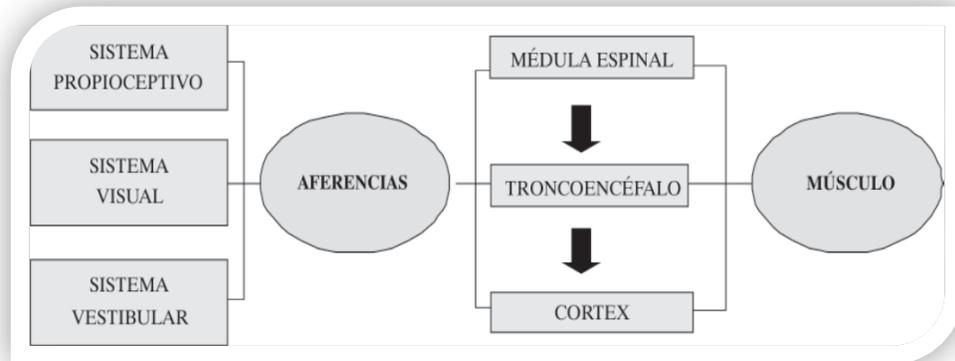


Fig. 1 Esquema de aferencias periféricas y niveles de control del sistema propioceptivo<sup>18</sup>.

### 2.1.7 Concepto de Estabilidad

La estabilidad es la propiedad que posee un cuerpo para recuperar su posición inicial de equilibrio si la pierde por causas externas<sup>19</sup>.

Existen 2 tipos de estabilidad, la estática y la dinámica<sup>19</sup>.

La estabilidad estática es la capacidad que tiene un objeto de volver a su posición original<sup>19</sup>.

La estabilidad dinámica resulta de la coordinación del movimiento por inhibición recíproca en un segmento que ya ha aprendido a estabilizarse estáticamente y en donde se logra controlar el juego de grupos musculares antagonistas del segmento, por lo tanto, se permite el desplazamiento, y se posibilita el traslado de carga, la inclinación, la rotación y la flexo-extensión entre otros<sup>19</sup>.

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 inconsciente 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<sup>2</sup>.

El equilibrio o balance, se define como 2 fuerza alineadas, de la misma intensidad y de sentido contrario. Pero no se llega nunca a esta situación de la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo. Las personas buscan siempre su equilibrio y, al hacerlo, manifiestan esta propiedad de los cuerpos que tiende a volver a su posición de equilibrio cuando se le aparta de ello, llamada estabilidad. El equilibrio es extremista: se está en equilibrio o no. En cambio la estabilidad es un concepto infinitamente más flexible por que la persona dispone de mil maneras para mantenerse cerca de su posición de equilibrio<sup>19</sup>.

La estabilidad postural, también llamada equilibrio, se define como la capacidad para mantener el centro de masa corporal dentro de la base de sustentación<sup>12</sup>. La estabilización requiere capacidad para mantener una posición asegurada durante las actividades voluntarias, y reaccionar ante las desestabilizaciones externas. A pesar de la simplicidad de esta definición, la capacidad para mantener el equilibrio consiste en una coordinación eficaz y eficiente de los múltiples sistemas sensoriales, biomecánicos y motores. La disfunción vestibular, las deficiencias visuales y la propiocepción disminuida

pueden empeorar el equilibrio<sup>3</sup>. Se produce cierto grado de balanceo lateral y antero-posterior mientras se mantiene el equilibrio. Este balanceo define los límites de la estabilidad en las direcciones anterior, posterior y lateral. Mientras el balanceo se mantenga dentro de los límites de la estabilidad, el equilibrio se mantiene<sup>20</sup>.

La valoración del control postural tiene especial interés en el mundo de la medicina y el deporte. El control postural implica el dominio de la posición del cuerpo en el espacio con los objetivos de estabilidad y orientación. Por otro lado, la orientación postural se refiere a la capacidad para mantener una correcta relación entre los propios segmentos del cuerpo y entre éstos y el entorno a la hora de realizar la tarea<sup>20</sup>.

El déficit de control de la posición del centro de gravedad ha sido descrito como un importante factor de riesgo de lesión de la extremidad inferior, pues un incremento de la variación de la estabilidad corporal se asocia a una alteración de la estrategia de control neuromuscular. Este hecho aumenta las fuerzas que se transmiten a las estructuras intraarticulares, ligamentosas y musculares. La mayoría de investigaciones han encontrado relación entre la disminución de la estabilidad postural tras lesiones articulares y un mayor riesgo de padecer lesiones deportivas con atletas de una estabilidad menor<sup>19</sup>.

La mayoría de investigaciones que asocian la disminución de estabilidad postural en las lesiones articulares de rodilla y tobillo han sido desarrolladas con

posiciones unipodales estáticas en superficies estables con ojos abiertos o cerrados<sup>20</sup>.

En comparación con los varones, las mujeres deportistas tenían mayor laxitud articular y necesitaban más tiempo para detectar cambios en la posición articular (peor propiocepción), a pesar de tener mayor capacidad para mantener el apoyo monopodal<sup>20</sup>.

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<sup>2</sup>.

### **2.1.8 Propiocepción y Estabilidad.**

La propiocepción mantiene la estabilidad articular bajo condiciones dinámicas, proporcionando el control del movimiento deseado y la estabilidad articular como también la coordinación apropiada de la co-activación muscular (agonistas – antagonistas)<sup>2</sup>.

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<sup>2</sup>.

Los tres tipos de mecanorreceptores ya mencionados, tienen un rol interactivo en el mantenimiento de la estabilidad articular<sup>2</sup>.

Aunque el mecanismo de retroalimentación (feedback) ha sido considerado tradicionalmente el mecanismo primario de control neuromuscular, el mecanismo de anticipación o anterógrado (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 pre-programados que permitan lograr los resultados deseados<sup>2</sup>.

La apreciación consciente de la posición articular y la cinestesia, han sido usadas como una medida de la propiocepción. Se ha asumido que la agudeza de la percepción consciente de estas señales refleja la calidad de los impulsos disponibles para el control sensorio-motor de la estabilidad articular funcional<sup>2</sup>.

#### **2.1.8.1 Estabilidad y pierna dominante.**

La lateralidad hace referencia a la dominancia de un lado del cuerpo sobre el otro tanto en miembros superiores como inferiores<sup>21</sup>.

La dominancia lateral corresponde a un predominio del hemisferio del lado contrario. La lateralización se producirá a causa de una especialización de los

hemisferios cerebrales. El predominio de un hemisferio u otro se atribuye a veces a una la mejor irrigación<sup>21</sup>.

Se estudiaron las diferencias de fuerza, equilibrio y rango de movimiento de la flexión de rodilla entre pierna dominante y no dominante durante la recepción unipodal. Los resultados pertinentes a las tareas de equilibrio con ojos cerrados indican una menor desviación en el plano sagital en la pierna dominante, aunque no se observan diferencias en el plano frontal. A pesar de no encontrar diferencias significativas en el tiempo de estabilización de la recepción del salto entre piernas, se concluye que las fuerzas de reacción del suelo son más absorbidas por la pierna dominante debido a la mayor flexión de rodilla durante el aterrizaje. Todos los demás parámetros medidos fueron superiores con la pierna dominante<sup>21</sup>.

Se estudiaron las diferencias entre género y pierna dominante en varios tests de control postural dinámico (salto vertical, salto unipodal y mantenimiento del equilibrio durante 3 s) en 40 individuos sanos de uno y otro género. Los resultados no dieron diferencias significativas entre pierna dominante y no dominante. En cuanto a la diferencia entre género, los autores concluyen que aunque las mujeres obtuvieron un mejor índice de control postural dinámico, no absorbieron tan bien como los varones las fuerzas de reacción vertical del suelo. Seguramente varones y mujeres tienen diferentes estrategias de recepción del salto para estabilizarse y absorber la energía después del salto<sup>21</sup>.

En un trabajo previo, se exploró el equilibrio postural estático en adultos sanos mediante el test de Romberg y no encontraron diferencias entre varones y

mujeres. Se estudiaron las diferencias de género en el control de la estabilidad unipodal y concluyeron que las mujeres tenían mayor estabilidad corporal con la pierna dominante y no dominante. La diferencia de la mayor estabilidad en mujeres podría explicarse con un centro de gravedad más bajo<sup>21</sup>.

Existen desequilibrios neuromusculares entre pierna dominante y no dominante en cuanto a fuerza y reclutamiento muscular. Se ha observado que la pierna no dominante suele tener una musculatura más débil y con menos coordinación que la dominante<sup>21</sup>.

La mayoría de trabajos que han estudiado las diferencias de equilibrio entre género y/o pierna dominante/no dominante lo han hecho de forma estática. Existen pocos trabajos que analicen las diferencias en la estabilidad dinámica de la extremidad inferior<sup>21</sup>.

En otro estudio la comparación entre la fuerza de la pierna dominante y la no dominante en jugadores de fútbol, no encontraron diferencias bilaterales significativas (10-15%)<sup>4</sup>.

Se encontraron altos índices de simetría (95% o más) tanto en test funcionales como isocinéticos en sujetos sanos<sup>4</sup>.

En deportes acíclicos como el fútbol, los miembros inferiores no cumplen las mismas funciones, teniendo por ejemplo distintos desarrollos de aparatos extensores y flexores en miembros hábiles o inhábiles (dominante/no dominante)<sup>4</sup>.

Una descompensación de la fuerza entre los miembros incrementa la probabilidad de lesión, por lo que la comparación de ambas piernas puede ser beneficiosa para prevenir la predisposición a las lesiones<sup>4</sup>.

Hoy todavía existen pocos estudios relacionados con las diferencias en la estabilidad postural entre pierna dominante y no dominante, así como las diferencias entre varones y mujeres<sup>21</sup>.

## **2.2 Anatomía funcional y biomecánica de tobillo.**

La articulación del tobillo sirve de unión entre el segmento inferior de la pierna y el pie<sup>22</sup>.

Cumple tres funciones importantes:

- **Función motora:** Nos permite el impulso necesario para andar, correr y saltar<sup>23</sup>. La articulación del tobillo no sólo es necesaria, sino indispensable para la marcha<sup>24</sup>.
- **Función de equilibrio:** A expensas de la articulación del tobillo, los huesos metatarsianos en el antepié y los ligamentos laterales que actúan a modo de cinchas, asegurando una mejor adaptación al terreno<sup>23</sup>.
- **Función amortiguadora de presiones:** Una amplitud normal de flexión dorsal del tobillo contribuye a absorber las fuerzas ascendentes cuando el pie contacta con el suelo. Una amplitud reducida minimiza esa capacidad de absorción, sobrecargando las estructuras y contribuyendo a mecanismos lesionales<sup>23</sup>.

El componente más importante de la anatomía funcional del tobillo son los tendones fibulares, los cuales ayudan dinámicamente a mantener la estabilidad lateral del tobillo<sup>25</sup>.

El tobillo está formado por la articulación tibiofibulotalar que se compone de la porción distal de la fíbula, la tibia y el talo. El talo y el calcáneo componen el retropié. El mediopié se compone del navicular, cuboides y las tres cuñas. El antepié se compone de cinco metatarsianos y las falanges<sup>20</sup>.

La articulación subtalar es una articulación compuesta por tres articulaciones planas diferenciables entre el talo y el calcáneo. La articulación mediotarsiana, es una articulación compleja formada por las articulaciones talonavicular y calcáneocuboidea (Fig. 2)<sup>20</sup>.

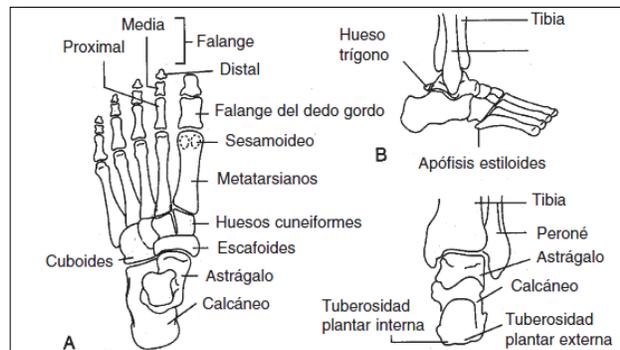


Fig. 2 Osteología del pie y tobillo. (A) Vista superior. (B) Vista lateral. (C) Vista posterior. Fíbula (Peroné),

Talo (Astrágalo), Navicular (Escafoides)<sup>20</sup>.

### 2.2.1 Articulación tibiofibulotalar.

Las superficies articulares corresponden al talo (tróclea) y a las epífisis distales de la tibia y la fíbula<sup>26</sup>.

Es una articulación que se verá reforzada por un sistema de contención ósea y de retención capsuloligamentosa, con objeto de impedir los movimientos de varo y valgo del talo dentro de la mortaja tibiofibular<sup>26</sup>.

Tiene solo un grado de movilidad<sup>26</sup>.

El extremo distal plano de la tibia que se articula con el talo es más ancho en sentido anterior, y permite la movilidad en dorsiflexión<sup>26</sup>.

Los dos ligamentos principales son el ligamento lateral externo y lateral interno (deltoideo)<sup>26</sup> (Fig. 3-4).

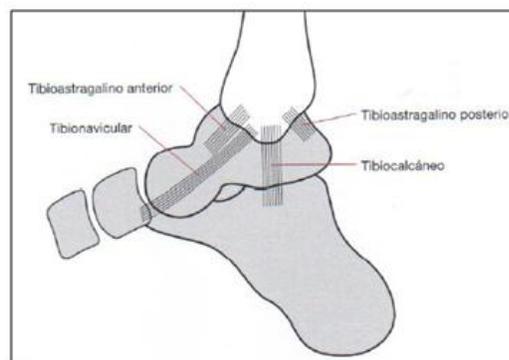


Fig. Ligamentos colaterales mediales (deltoideo)

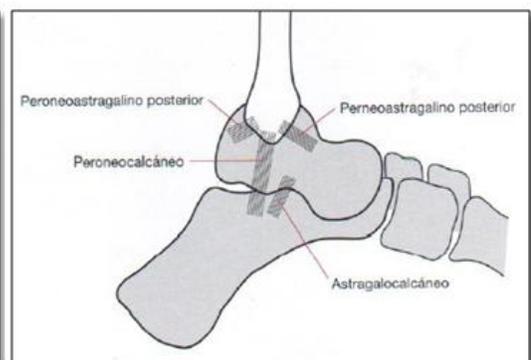


Fig. Ligamentos colaterales laterales del tobillo.

Fig. 3-4. Ligamentos laterales y mediales del tobillo<sup>27</sup>.

El ligamento lateral externo es bastante más débil que el ligamento lateral interno<sup>20</sup>.

La estabilidad de la articulación tibiofibulotalar se mantendrá básicamente por la configuración de las carillas articulares, por el sistema ligamentario (medial y lateral) y por la cápsula articular y ligamentos interóseos<sup>18</sup>.

La fisiología y el estudio del movimiento de la articulación tibiofibulotalar ha determinado que la fíbula juega un papel fundamental en el mecanismo de dicha articulación a través de las estructuras ligamentosas que se insertan en ella, las cuales les permiten realizar distintos tipos de movimientos, como por ejemplo: latero-mediales, de rotación tanto interna como externa y principalmente un movimiento de descenso vertical activo por actuación de los flexores del pie, profundizándose en la mortaja y favoreciendo una estabilidad mayor de la articulación tibiofibulotalar<sup>18</sup>.

La estabilidad de la región maleolar externa está dada por<sup>18</sup>:

- Longitud normal de la fíbula<sup>18</sup>
- Relación normal entre fíbula e incisura tibial<sup>18</sup>
- Suficiencia de los ligamentos de la sindesmosis<sup>18</sup>

Se considera que la articulación tibiofibulotalar es la más importante del complejo articular del retropié, ya que consta de elementos que le otorgan gran estabilidad, debido a que durante el apoyo monopodal, todo el peso corporal recae sobre ella, e incluso se ve aumentado por la energía cinética del paso cuando el pie contacta con el suelo<sup>28</sup>.

### **2.2.1.1 Estabilidad antero-posterior articulación tibiofibulotalar.**

La estabilidad antero-posterior de la tibiofibulotalar y su coaptación están aseguradas por la acción de la gravedad que ejerce el talo sobre la superficie tibial<sup>24</sup>. Los ligamentos laterales aseguran la coaptación pasiva y son responsables de resistir la inversión y la rotación interna<sup>29</sup> y los músculos actúan todos como coaptadores activos sobre una articulación intacta<sup>24</sup>. El ligamento fibulotalar anterior resiste por tanto la inversión del tobillo en flexión plantar y el ligamento fibulocalcáneo resiste la inversión del tobillo durante la flexión dorsal. El ligamento fibulocalcáneo se prolonga tanto por la cara lateral de la articulación del tobillo como de la articulación subtalar, contribuyendo así a la estabilidad de la articulación subtalar<sup>29</sup>.

La cápsula de la articulación del tobillo es bastante fina y débil en sentido anterior y posterior, y la estabilidad de dicha articulación depende de que la estructura ligamentosa esté intacta<sup>26</sup>.

Los ligamentos responsables de mantener la estabilidad entre las partes distales de la tibia y la fíbula son los ligamentos de la sindesmosis. Los ligamentos de la sindesmosis consisten en el ligamento tibiofibular anterior, el ligamento tibiofibular posterior, el ligamento tibiofibular transverso y el ligamento interóseo<sup>29</sup>.

Esta perfecta unión (mortaja tibiofibular y la tróclea) se halla estabilizada por la acción de ambos maléolos con sus conexiones ligamentosas al tarso<sup>26</sup>.

El ligamento lateral externo controla la estabilidad articular lateral y detiene los movimientos extremos de la amplitud del movimiento (ADM). Los ligamentos fibulotalar anterior y fibulocalcáneo son los que se lesionan con mayor frecuencia cuando el tobillo sufre un esguince<sup>20</sup>.

La estabilidad en la mortaja talar disminuye en flexión plantar por la morfología de la cúpula talar<sup>18</sup>.

Como el talo es más ancho anterior que posteriormente, la postura más estable del tobillo es con el pie en flexión dorsal. En esta postura la cara anterior más ancha del talo entra en contacto con la porción más estrecha situada entre los maléolos, sujetándola con fuerza. Por el contrario, cuando el tobillo adopta flexión plantar, la porción más ancha de la tibia entra en contacto con la cara posterior, más estrecha, del talo, creando una postura menos estable que en flexión dorsal<sup>24</sup>.

El maléolo lateral de la fíbula se extiende más distalmente, por lo que la estabilidad ósea de la cara lateral del tobillo es mayor que la de la medial<sup>24</sup>.

### **2.2.1.2 Estabilidad transversal articulación tibiofibulotalar.**

La estabilidad que se da en la articulación tibiofibulotalar se debe a un estrecho acoplamiento, una verdadera unión entre espiga y mortaja: la espiga talar está bien sujeta en la mortaja tibiofibulotalar<sup>18</sup>.

Cada rama de la pinza bimalleolar sujeta lateralmente al talo, siempre que la separación entre el maléolo externo y el interno permanezca inalterable. Esto supone, además de la integridad de los maléolos, la de los ligamentos fibulotibiales

inferiores. Además, los potentes ligamentos laterales externo e interno impiden cualquier movimiento de balanceo del talo sobre su eje longitudinal<sup>18</sup>.

La estabilidad latero-medial está definida por los maléolos y los ligamentos que en ellos se insertan, en tanto que en el plano sagital va a ser ligamento dependiente. El ligamento Deltoideo limita la eversión, la rotación externa y la flexión plantar de la articulación del tobillo<sup>29</sup>. El maléolo actúa como pilar de inserción de los ligamentos cercanos al eje de la rotación de la articulación. Esto permite que algunas porciones del complejo ligamentoso lateral y medial permanezcan tensas durante el arco de flexo-extensión y, por lo tanto, brinda estabilidad rotacional póstero-externa e internamente, los tendones fibulares del tibial posterior, flexor largo común de los dedos, flexor corto del dedo gordo y sus vainas, también contribuirán a estabilizar el sistema<sup>18</sup>.

### **2.2.2 Articulación subtalar.**

Es la articulación que une el talo al calcáneo (Fig.5). Pocas veces sufre luxación<sup>20</sup>.

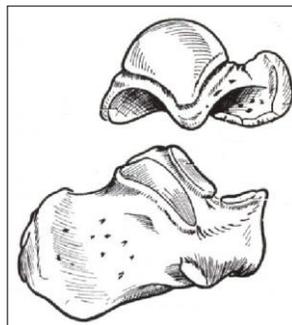


Fig. 5. Superficies articulares Articulación Subtalar<sup>24</sup>.

Su apoyo ligamentario se compone de los ligamentos lateral interno y externo, el ligamento talocalcáneo interóseo y los ligamentos talocalcáneo posterior y lateral<sup>20</sup>.

Las estructuras que contribuyen a la estabilidad de la articulación subtalar son el ligamento fibulocalcáneo, ligamento cervical, el ligamento interóseo, el ligamento talocalcáneo-fibular, el ligamento de Rouvière y el retináculo extensor<sup>29</sup>.

Todos estos elementos mencionados participan en la estabilidad estática de la articulación. La estabilidad dinámica está dada principalmente por la acción de los músculos<sup>18</sup>.

A nivel del tobillo los músculos estabilizadores son los tibiales y los fibulares en el plano frontal y los flexores y extensores en el plano sagital. Todos ellos se ponen en tensión con el solo contacto del pie en el suelo durante la bipedestación, manteniendo el tobillo en posición neutra y evitando el aplanamiento de la bóveda plantar. Esta musculatura es capaz por sí sola de contrarrestar las oscilaciones corporales en cualquiera de los planos del espacio. Cuando el desequilibrio producido es mayor, deben actuar los restantes músculos de la pierna<sup>18</sup>.

### **2.2.3 Articulación Mediotarsiana.**

La articulación de Chopart (Fig. 6) está formada en su parte interna por el talo, el calcáneo y el navicular, y otra parte externa, por el calcáneo y el cuboides<sup>20</sup>.

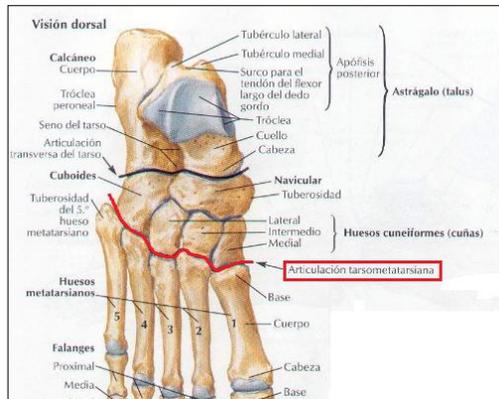


Fig. 6. Articulación Mediotarsiana<sup>30</sup>.

La mecánica de la articulación tibiofibulotalar, subtalar y mediotarsiana de Chopart permiten un movimiento de circunducción del pie<sup>20</sup>.

En ésta articulación se encuentra el ligamento en Y de Chopart que consta del fascículo calcáneoonavicular externo y el fascículo calcáneoocuboideo interno<sup>24</sup> (Fig.7).



Fig. 7. Vista Lateral, ligamento Y de Chopart<sup>30</sup>.

#### 2.2.4 Miología.

El sistema muscular permite que el esqueleto se mueva, mantenga su estabilidad y la forma del cuerpo. La principal función de los músculos es contraerse, para poder generar movimiento y realizar funciones vitales<sup>22</sup>.

Los músculos del cuerpo constituyen cerca del 40% de la masa corporal y están compuestos por tres tipos de tejido muscular<sup>31</sup>:

- Músculo estriado o esquelético (40 – 45%)<sup>31</sup>.
- Músculo cardíaco<sup>31</sup>.
- Músculo liso (10%)<sup>31</sup>.

Los músculos esqueléticos realizan tanto trabajo dinámico como estático. El trabajo dinámico permite locomoción y el posicionamiento de los segmentos corporales en el espacio. El trabajo estático mantiene la postura o la posición del cuerpo<sup>29</sup>.

En el tobillo se encuentran los músculos flexores plantares que son todos los músculos que están localizados posterior al eje transversal de movimiento. En la parte medial, el tibial posterior y los flexores de los dedos; en la parte posterior, el tríceps, y la parte lateral, los dos fibulares: corto y largo<sup>26</sup> (Fig. 8-9).

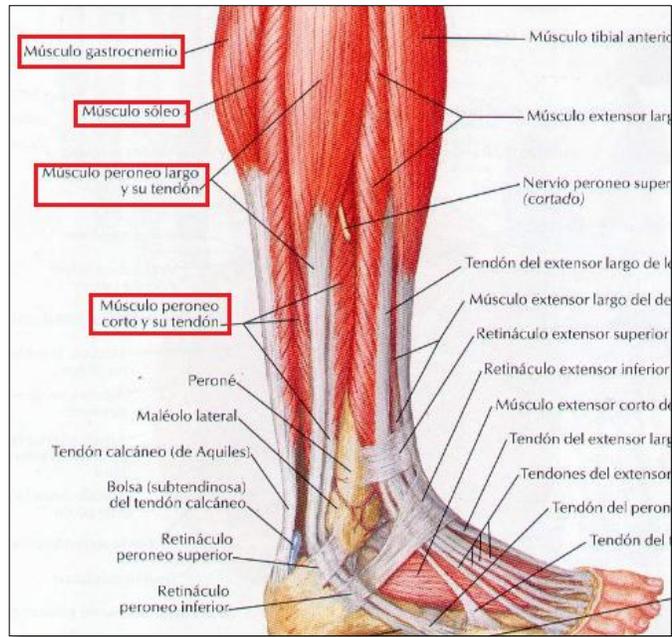


Fig. 8 Vista Lateral músculos flexores plantares<sup>30</sup>.

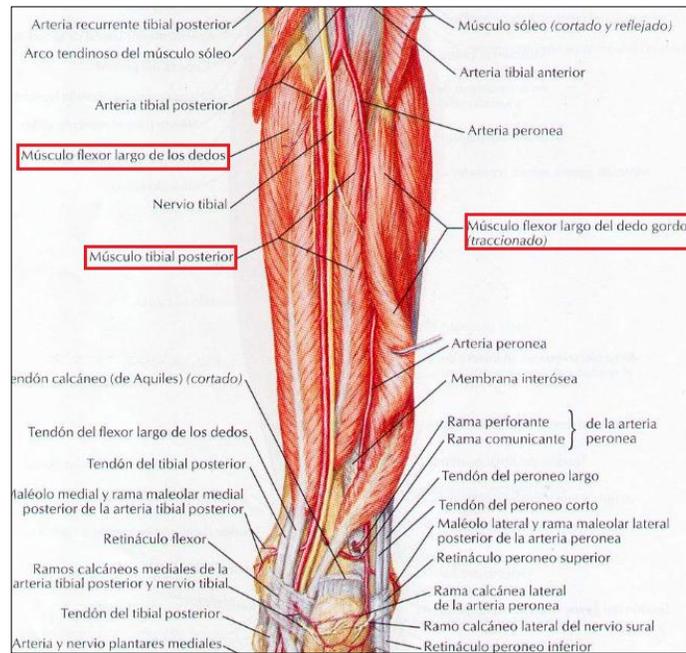


Fig. 9 Vista Posterior (disección profunda) músculos flexores plantares<sup>30</sup>.

Los músculos flexores dorsales se sitúan por delante del eje de movimiento, el tibial anterior, los extensores de los dedos y el fibular anterior cuando existe<sup>26</sup> (Fig. 10).

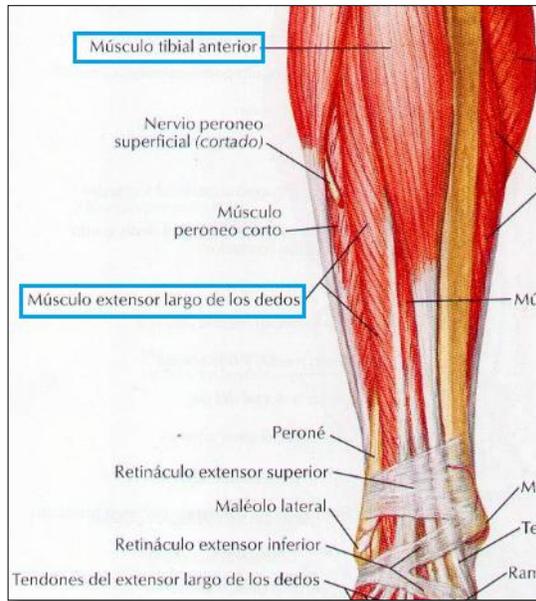


Fig. 10 Vista anterior, músculos Flexores dorsales<sup>30</sup>.

El músculo tibial posterior es el que tiene el momento inversor más importante, sobre todo en flexión plantar. El tríceps sural tiene un momento inversor efectivo a partir de la eversión, es eversor a partir de la inversión. El músculo fibular lateral largo y el fibular lateral corto son potentes eversores<sup>26</sup>.

### 2.2.5 Ejes de movimiento.

Los tres ejes principales de este complejo articular se interrumpen aproximadamente en el retropié<sup>24</sup> (Fig. 11):

- **Eje transversal XX'**, condiciona movimientos de flexo-extensión del pie<sup>24</sup>.
- **Eje longitudinal Y**, condiciona movimientos de aducción-abducción del pie<sup>24</sup>.

- **Eje longitudinal Z** del pie, condiciona movimientos de pronación y supinación<sup>24</sup>.

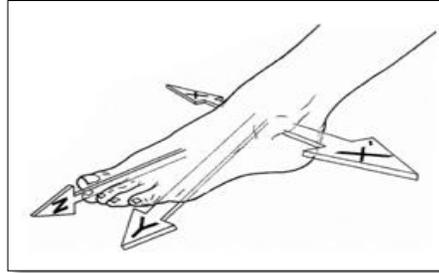


Fig. 11 Ejes de movimiento complejo articular<sup>24</sup>.

### 2.2.6 Distribución de cargas.

Las fuerzas pico verticales sobre el pie alcanzan el 120% del peso corporal durante la marcha y se aproximan al 275% durante la carrera<sup>29</sup>.

Las presiones (peso) que vienen de la tibia, es recibida por la parte superior de la polea talar y luego se distribuye<sup>32</sup>.

Los estudios recientes de presión plantar de sujetos descalzos en bipedestación han determinado que la distribución de la carga en el pie es conocido: talón 60%, mediopié 8%, antepié 28% y dedos 4% (Fig. 12)<sup>29</sup>.

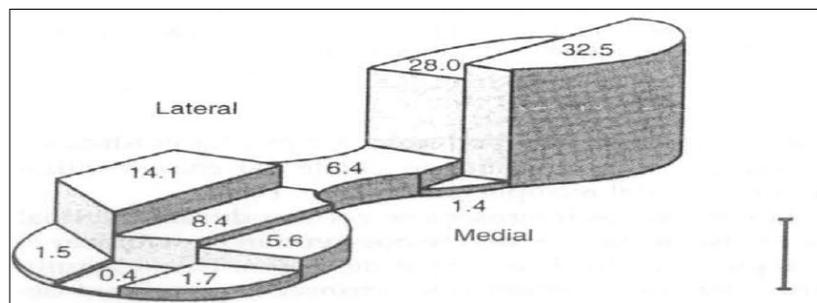


Fig.12 Distribución promedio regional del peso expresado como un porcentaje de la carga total soportada por el pie en bipedestación y descalzo<sup>29</sup>.

## 2.2.7 Movimientos del tobillo.

### 2.2.7.1 Movimiento articulación tibiofibulotalar.

La movilidad primaria de la articulación del tobillo se desarrolla en el plano sagital (Fig. 13). El arco o rango de flexo-extensión (Fig. 14) medio es de 43°- 63°, y sólo 30° de este arco son necesarios para una marcha estable (10° de flexión dorsal y 20° de flexión plantar)<sup>3</sup>. En la flexión dorsal del tobillo existe una rotación externa del pie y en la flexión plantar una rotación interna<sup>26</sup>.

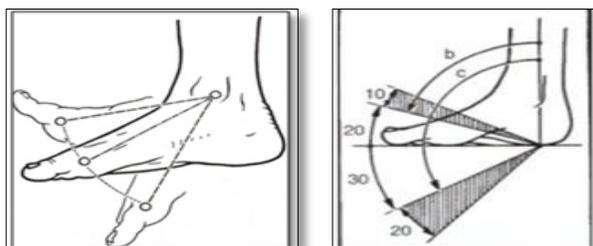


Fig. 13 Movimiento de flexo-extensión de la articulación tibiofibulotalar. Fig. 14 Amplitud de movimiento flexo-extensión de la articulación tibiofibulotalar<sup>29</sup>.

### 2.2.7.2 Movimiento articulación subtalar y mediotarsiana.

El pie también puede realizar movimientos de aducción-abducción<sup>24</sup> (Figura 15).

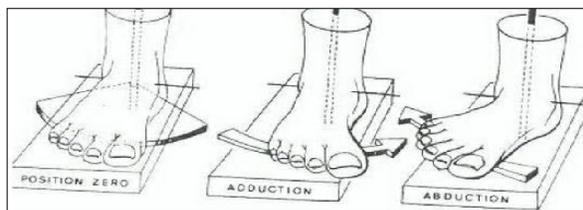


Fig. 15 Movimientos de ABD y ADD tobillo<sup>29</sup>.

La amplitud total de los movimientos de aducción-abducción realizados en el pie es de 35° a 45°. Sin embargo, estos movimientos pueden ser producto de la rotación externa-interna de la pierna (rodilla flexionada) o de la rotación de todo el miembro inferior a partir de la cadera (rodilla extendida). En este caso son mucho más amplios y pueden alcanzar los 90°, en cada sentido<sup>24</sup>.

La amplitud de la supinación de 52° es mayor que la de pronación de 25-30°<sup>24</sup> (Fig. 16).

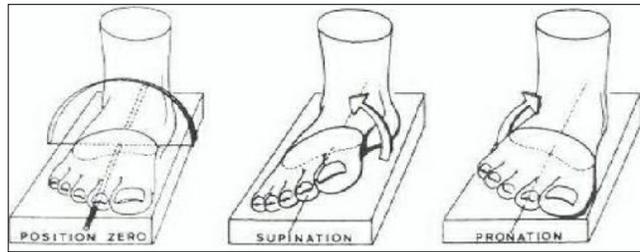


Fig. 16 Movimientos de supinación y pronación de pie<sup>29</sup>.

La aducción se acompaña necesariamente de una supinación y una ligera extensión. Estos tres componentes caracterizan la posición denominada inversión<sup>24</sup>.

En el otro sentido, la abducción se acompaña necesariamente de la pronación y de la flexión: se trata de la posición de eversión<sup>24</sup>.

### **2.2.8 Hiperlaxitud.**

Algunos autores denominan a esta entidad hiperlaxitud ligamentosa o hipermovilidad articular. Es una alteración que se caracteriza por una mayor distensibilidad de las articulaciones en los movimientos pasivos junto a una movilidad aumentada en los activos<sup>33</sup>.

Todos los datos hasta el momento recopilados apuntan hacia que el trastorno fundamental de la hiperlaxitud articular es consecuencia de una alteración hereditaria de las fibras colágenas que se transmite con carácter autosómico dominante; dicha alteración provoca una menor resistencia de las partes blandas de la articulación (ligamentos, tendones y cápsulas) que, consecuentemente, presenta una mayor inestabilidad y tendencia a sufrir luxaciones y subluxaciones<sup>33</sup>.

Este es un síndrome cuyo diagnóstico hasta el momento es clínico, y se realiza mediante unos criterios clínicos definidos. Carter y Wilkinson fueron los primeros que definieron unos criterios operativos precisos para el diagnóstico de la laxitud articular, pero sin duda los criterios de Beighton, et al. son los más reconocidos y consolidaron notablemente la medición clínica de la laxitud articular. En este sistema se le da a cada paciente una puntuación de 0 a 9 puntos, según su capacidad para realizar cada una de las siguientes maniobras (Tabla 1 Anexos)<sup>34</sup>.

Los datos recopilados con la valoración de hiperlaxitud ligamentosa muestran que la prevalencia de estas condiciones es bastante estable en la infancia y se distribuye de forma más homogénea en ambos sexos. Después de ella se hace más habitual en las mujeres y se presenta de dos a tres veces más frecuente en el sexo femenino. Disminuye con la edad, su hallazgo en la vejez constituye una excepción<sup>34</sup>.

Aquellas personas que tienen más elasticidad ligamentosa de lo normal tendrán mayor amplitud en la movilidad por lo tanto les será más fácil lesionarse<sup>34</sup>.

En un reciente estudio evaluó a 200 deportistas practicantes de netball, de los cuales un 58% presentaban una escala de Beighton 0-4 y un 43% una escala de 5-9. Se observó con diferencia significativa que las hiperlaxas tenían más lesiones articulares, siendo la proporción de las mismas un 42% en el tobillo, 27% la rodilla y 15% los dedos<sup>35</sup>.

Otros estudios realizados en deportistas, demuestran que el grado de movilidad articular puede aumentar progresivamente en el curso de un período de calentamiento, se mantiene durante el entrenamiento y después decae<sup>35</sup>.

### **2.3 Entrenamiento propioceptivo.**

Entrenamiento propioceptivo son las técnicas de entrenamiento 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. Finalmente, el entrenamiento debe proveer la

adquisición de respuestas aprendidas para las actividades funcionales y ellas pueden ser más exitosas, si son practicadas en el contexto funcional del deporte específico<sup>2</sup>.

El entrenamiento de la propiocepción se puede considerar como uno de los tres pilares del entrenamiento preventivo de lesiones, de ahí la importancia de su incorporación en los programas de entrenamiento<sup>2</sup>.

Dentro del entrenamiento propioceptivo se trabajan fundamentalmente dos aspectos importantes: la fuerza y la coordinación a tres niveles: intermuscular, intramuscular y procesos reflejos. Así el deportista puede mejorar la capacidad de equilibrio, su orientación, la relajación de los músculos, el sentido del ritmo y la relación espacio-tiempo del movimiento. Es decir, la capacidad para prevenir situaciones imprevistas con riesgo real de lesión<sup>10</sup>.

Este sistema no sólo se utiliza por los equipos médicos para prevenir lesiones, sino que también en los procesos de recuperación. El entrenamiento propioceptivo sirve para prevenir y curar lesiones como rupturas ligamentosas, lesiones capsulares, fracturas óseas articulares y diafisarias o lesiones musculares<sup>10</sup>.

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<sup>2</sup>.

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<sup>12</sup>.

A través del entrenamiento propioceptivo, el atleta aprende a sacar ventajas de los mecanismos reflejos. Así, reflejos como el de estiramiento, que pueden aparecer ante una situación inesperada (por ejemplo, perder el equilibrio) se pueden manifestar de forma correcta (ayudan a recuperar la postura) o incorrecta (provocar un desequilibrio mayor). Con el entrenamiento propioceptivo, los reflejos básicos incorrectos tienden a eliminarse para optimizar la respuesta<sup>12</sup>.

### **2.3.1 Esquema de un Entrenamiento Propioceptivo.**

En primer lugar, en un entrenamiento propioceptivo, se plantean ejercicios que involucran el esquema motor siguiendo un orden creciente de dificultad que esté acorde al progreso logrado, evitando las tareas que por su nivel de dificultad generan un riesgo inadecuado al momento de la evolución o que obliguen a realizar movimientos compensatorios que, una vez instalados como automatismo, impiden la ejecución de la técnica correcta y son de muy difícil corrección. Sobre la base de los movimientos que se van logrando concretar en forma satisfactoria se busca forzar situaciones que provoquen un estímulo adicional de los propioceptores. Esto se logra en dos formas básicas<sup>36</sup>:

- Cambiando las condiciones extrínsecas<sup>36</sup>.
- Cambiando las condiciones intrínsecas<sup>36</sup>.

Ambos factores se desarrollan en forma simultánea y se combinan para potenciar sus efectos<sup>36</sup>.

Mediante la modificación de las condiciones externas se lleva al deportista a situaciones en las que el uso de la información propioceptiva se torne más importante. Algunos ejemplos de los cambios posibles son<sup>36</sup>:

- a) El cambio en la superficie de trabajo. También pueden introducirse modificaciones en la angulación que presenta la superficie de trabajo, utilizando planos inclinados de distinto declive y realizando la actividad propuesta en los distintos sentidos del declive. Otra modificación posible se da en la elasticidad de la superficie de trabajo, sobre todo en los trabajos de salto y equilibrio. Aquí pueden usarse planos que aumenten la fuerza del salto o elementos que atenúen el impacto de la caída como colchonetas, etc., incluso superficies que reduzcan la fuerza del salto obligando al deportista a un mayor esfuerzo como la arena o el agua<sup>36</sup>.
- b) El cambio de las características del calzado, buscando según la conveniencia una suela más alta o más baja, más o menos blanda, o, incluso, trabajando descalzo cuando quiera priorizarse la información que los propioceptores reciben a partir del apoyo del pie en el piso<sup>36</sup>.
- c) El empleo de elementos de características distintas a los utilizados comúnmente en la práctica del deporte<sup>36</sup>.

d) La modificación de las características habituales del deporte. Estas modificaciones respecto de la práctica habitual del deporte tienden a inutilizar los estereotipos motores presentes en el deportista y a plantear situaciones nuevas que deberán ser resueltas en forma consciente y voluntaria lo que obligará a un uso aumentado de la información propioceptiva<sup>36</sup>.

La otra forma de aumentar el estímulo a los propioceptores es introduciendo modificaciones en los factores intrínsecos que regulan el proceso. Para esto se busca abolir fuentes de información sensorial. La forma más fácil y eficaz de realizar esto es anulando la visión. En estas condiciones se realizan los ejercicios propuestas anteriormente pero con un nuevo y determinante nivel de dificultad. Otra forma posible de eliminar información sensorial es mediante la alteración del aparato vestibular. Esto puede lograrse mediante la realización de giros previos a la ejercitación propuesta. El hecho de abolir fuentes de información sensorial en alguna actividad motriz, obliga para su adecuada coordinación a un uso exacerbado de las demás fuentes, por lo que el sistema nervioso se verá obligado a utilizar en mayor medida la información que le proporciona las vías propioceptivas<sup>36</sup>.

Una vez que el deportista llega a un nivel de evolución que le permite realizar los gestos propios de su actividad deportiva en forma técnicamente correcta, se va incrementando gradualmente el nivel de intensidad verificando que

no se alteren las condiciones de ejecución para permitir la facilitación de gestos técnicamente correctos<sup>36</sup>.

Las metas del entrenamiento de la propiocepción son:

- Facilitar el incremento de la sensibilidad y el uso de impulsos propioceptivos de las estructuras que rodean las articulaciones<sup>2</sup>.
- Evocar respuestas dinámicas compensatorias por la musculatura que rodea la articulación<sup>2</sup>.
- Restablecer los patrones motores funcionales, los cuales son vitales para movimientos coordinados y la estabilidad articular funcional<sup>2</sup>.

El entrenamiento debe ser realizado en rangos en los cuales el movimiento estimule los mecanorreceptores músculo-tendinosos, también como en posiciones extremas de vulnerabilidad con el fin de estimular las aferencias capsuloligamentosas<sup>2</sup>.

### **2.3.2 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)<sup>12</sup>.

Los procesos reflejos que incluye la propiocepción estarían vinculados a las mejoras funcionales en el entrenamiento de fuerza, junto a las mejoras propias que se pueden conseguir a través de la coordinación intermuscular y la coordinación intramuscular<sup>12</sup>.

Estos conceptos se definen como:

- **Coordinación intermuscular:** haría referencia a la interacción de los diferentes grupos musculares que producen un movimiento determinado<sup>12</sup>.
- **Coordinación intramuscular:** haría referencia a la interacción de las unidades motoras de un mismo músculo<sup>12</sup>.
- **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<sup>12</sup>.

### **2.3.3 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<sup>2</sup>.

Estos factores propios de la coordinación que podemos mejorar con el entrenamiento propioceptivo son<sup>2</sup>:

- **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 cual 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<sup>2</sup>.
- **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<sup>2</sup>.

- **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<sup>2</sup>.
- **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)<sup>2</sup>.
- **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<sup>2</sup>.

#### **2.2.4 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<sup>2</sup>.

## **2.3 Patinaje Artístico sobre ruedas.**

### **2.4.1 Patinaje.**

Es una disciplina deportiva de deslizamiento de combinación única de atletismo, fuerza, resistencia, gracia y arte donde los deportistas compiten sobre patines. Hay 4 disciplinas mayores: individuales, patinaje en parejas, danza y patinaje sincronizado. Los individuales se enfocan en la ejecución de saltos y trompos intercalados entre pasos conectados en trabajo de piso y eficiente uso de las presiones externas e internas<sup>3</sup>.

El patinaje artístico sobre ruedas nace en 1778 en Inglaterra<sup>3</sup>. A Chile llega el año 1937 y se incorpora a Temuco en 1979<sup>37</sup>.

### **2.4.2 Patín**

La bota (Fig. 17) es el único equipamiento que utiliza el patinador y es crucial en su desempeño. La bota por si misma ha sido citada como la mayor fuente de lesiones (Ferstle, 1979). La bota ideal requiere un soporte para la articulación del tobillo y subtalar mientras que permite suficiente dorsiflexión de

tobillo para proveer la fuerza para saltar y suficiente plantiflexión para brindarle al patinador una línea estéticamente agradable<sup>38</sup>.

Está compuesto por una bota de cuero rígido, plancha de metal atornillada a la bota, freno ajustable atornillado a la plancha y ruedas de diversas durezas para acoplarse a las distintas superficies<sup>7</sup>.



Fig. 17. Partes de un patín<sup>7</sup>.

Existe la hipótesis de que el aumento de la rigidez de la bota contribuye a la debilidad de tobillo e incrementa el número de lesiones de patinadores<sup>38</sup>.

Los patinadores artísticos son los únicos atletas saltadores que usan un zapato con un elevado tacón, el cual pone el tobillo en una constante leve plantiflexión. La dureza de la bota solo permite un rango de movimiento de un máximo de 10° de dorsiflexión a un 35° de plantiflexión, en contraste de un rango usual de 20° de dorsiflexión y 50° de plantiflexión<sup>39</sup>.

### 2.4.3 Patinador.

La mayoría de los patinadores son mujeres, y comienzan a patinar entre los 5-8 años de edad, y alcanzan el pick de sus carreras competitivas en su adolescencia o cercano a los 20<sup>6</sup>.

#### 2.4.4 Lesiones en el patinaje.

Las lesiones más comunes de las patinadoras incluye lesiones agudas músculo esqueléticas, lesiones crónicas por sobreuso y problemas médicos (Tabla 2 Anexos)<sup>6</sup>.

La causa más común de lesiones relacionadas con el patinaje son las caídas. Cuando un/a patinador/a pierde el equilibrio y cae, puede dar lugar a cualquiera de las siguientes lesiones<sup>40</sup>:

- Equimosis<sup>40</sup>.
- Contusión cerebral en el caso de un patinador golpea su cabeza<sup>40</sup>.
- Esguince en la muñeca o el tobillo u otras articulaciones<sup>40</sup>.
- Fracturas<sup>40</sup>.

Los factores contribuyentes son la bota, el régimen de entrenamiento y factores del medio ambiente. Según reportes de historiales médicos las lesiones de tobillo tienen el mayor porcentaje, con un 27,7% seguido de las lesiones de rodilla con un 18,6%<sup>6</sup>.

La pronación es un movimiento normal que permite que el pie se relaje y absorba el choque cuando se inicia el contacto del talón al caminar o correr, o comienza el deslizamiento en el patín. Una vez que la pierna y el cuerpo pasen el pie contrario, idealmente la pronación está cambiando a la estabilidad pasando a una posición de supinación para impulsar hacia adelante<sup>41</sup>.

La pronación excesiva hace que el pie permanezca flojo e inestable durante la propulsión, haciendo de todo, desde irritación y tensión en las estructuras del pie, a torsión excesiva de la pierna, tensión de rodilla y poder ineficiente<sup>41</sup>.

La pronación excesiva en patinadores es muy común. Más de 2/3 de los problemas del pie, rodilla y posturales en jóvenes patinadores en crecimiento son debidos a una pronación excesiva del pie. La pronación excesiva del pie no solo causará problemas de tensión, fatiga, y roce de huesos en patinadores, sino que también problemas de rotación, torque y choques en las áreas mencionadas anteriormente. Cuando estas áreas son constantemente dolorosas y agravadas, el pie es la primera área que se mira. El pie de por sí es especialmente propenso a la irritación de las áreas como la parte posterior de los talones, la planta, el arco, área del navicular, el hálux, y huesos del tobillo con excesiva pronación (Fig. 18)<sup>41</sup>.

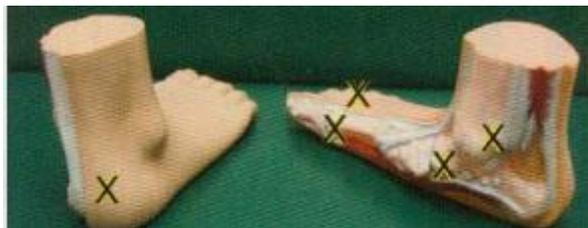


Fig. 18. Áreas de problemas comunes por pie pronado<sup>41</sup>.

## **2.4.5 Biomecánica Patinaje Artístico.**

### **2.4.5.1 Importancia del tobillo en el patinaje.**

La literatura ha demostrado que el tobillo juega un rol fundamental en la atenuación del impacto del aterrizaje. Si la movilidad del tobillo es restringida como lo es en el patinaje artístico, las cargas en la rodilla, cadera, y la columna serán incrementadas significativamente<sup>42</sup>.

Se descubrió que la disminución del rango de movimiento del tobillo afecta el rendimiento del sujeto<sup>42</sup>.

En el patinaje artístico, se está permitido aterrizar de un salto en un pie solamente, causando que las fuerzas externas sean absorbidas por los componentes músculo esqueléticos de una pierna en vez de dos. Se descubrió que una reducción de las fuerzas en impactos verticales era acompañada con un aterrizaje dedos-talón, en vez de aterrizaje plantar<sup>42</sup>.

Si el dedo del pie golpea el suelo al mismo tiempo, o muy cerca del mismo tiempo, con el talón, la fuerza total de los picos de impacto es de ocho a diez veces el peso corporal de la persona, y por un período muy corto de tiempo<sup>42</sup>.

Si se puede conseguir que la punta del pie toque el piso antes que el talón, podemos disminuir el impacto en un 20-30%. Eso es una gran diferencia, y es fundamental para evitar lesiones<sup>42</sup>.

Debido al efecto crítico de la función del pie en la precisión, equilibrio y en las acrobacias involucradas en el patinaje artístico, los problemas menores y mala alineación de los pies tienen un efecto importante en el rendimiento del patinaje<sup>41</sup>.

#### **2.4.6 Conceptos básicos del patinaje.**

- **Balance:** Se obtiene cuando el patinador se encuentra en equilibrio en un solo pie<sup>3</sup>.
- **Pierna, pie o patín portante:** pierna, pie o patín de apoyo<sup>3</sup>.
- **Pierna, pie o patín libre:** pierna, pie o patín levantado del piso<sup>3</sup>.

- **Posición:** Un patinador está en posición, cuando se encuentra en balance con la pierna libre y el brazo correspondiente de la misma parte respecto al plano frontal (Fig.19)<sup>3</sup>.



Fig. 19<sup>3</sup>

- **Contra Posición:** Un patinador está en contra posición, cuando se encuentra con la pierna libre y el brazo correspondiente opuesta al lado frontal (Fig. 20)<sup>3</sup>.



Fig. 20<sup>3</sup>

- **Filo:** Se entiende la curva imaginaria dibujada por el patinador en la pista en posición de balance. Se realiza mediante la inclinación lateral del eje del cuerpo que provoca un aumento de presión sobre las ruedas externas o internas del patín portante (Fig.21)<sup>3</sup>.

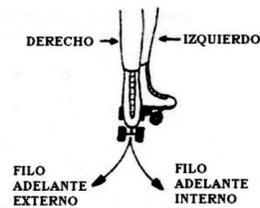


Fig. 21<sup>3</sup>

#### 2.4.7 Estabilidad en el Patinaje Artístico sobre ruedas.

Casi todas las habilidades en el patinaje artístico se llevan a cabo en los fillos de un pie. Algunos atletas parecen tener un equilibrio natural, pero la mayoría necesita mejorar a través de ejercicios. Hay varios factores que afectan el sentido del equilibrio del cuerpo<sup>39</sup>:

- Sistema vestibular que ayuda a detectar la posición del cuerpo mientras esta en movimiento<sup>39</sup>.
- Sistema visual que ayuda a detectar el entorno y proporcionar referencias horizontales y verticales<sup>39</sup>.
- Los receptores del equilibrio en los pies y en las extremidades inferiores que nos dicen que nuestro cuerpo están en relación con el suelo<sup>39</sup>.

La capacidad para generar fuerza y estabilidad a través de los tres planos es crucial para los patinadores. Cada salto y giro implica leves cambios dramáticos en el plano<sup>43</sup>.

La mayoría de las maniobras del patinaje implican que el patinador este sobre el eje sobre el filo lateral o medial. En tales casos, la fuerza sobre la extremidad inferior puede exceder 1.5-2.5 de veces el peso del patinador. La utilización exitosa del patín requiere la inversión y eversión del pie. Las velocidades, los cambios rápidos de dirección, el peso sobre una pierna y los movimientos laterales y mediales del tobillo pueden poner al patinador en un gran riesgo de lesión traumática de tobillo<sup>44</sup>.

También el tamaño del patín puede influir en la estabilidad, si son demasiado grandes disminuye la estabilidad de tobillo<sup>45</sup>.

Durante los periodos de descarga del tobillo (en este caso en la ejecución de saltos), el tobillo descansa en una posición de flexión plantar e inversión<sup>31</sup>.

Dentro de las maniobras básicas del patinaje artístico encontramos el cruce hacia delante y hacia atrás, que según la literatura puede contribuir a un desbalance muscular en el tronco y extremidades inferiores pudiendo afectar la estabilidad<sup>39</sup>.

#### **2.4.8 Saltos en el patinaje artístico:**

Por salto se entiende la resultante de una flexión y distensión de las extremidades inferiores, seguida por una fase de vuelo, con llegada en uno o dos pies. Un salto puede ser ejecutado sin rotación, media rotación o más rotaciones<sup>46</sup>.

Los saltos que se ejecutan en el patinaje artístico (Tabla 3 Anexos) están codificados según normas que definen el pie, la dirección, el filo de partida y llegada, el número de giros pedidos y el coeficiente de dificultad<sup>46</sup>.

Los saltos se dividen en dos categorías: con y sin asistencia de freno.

- **Saltos picados:** cuando el despegue acontece directamente desde el freno<sup>46</sup>.
- **Saltos no picados:** cuando el despegue acontece en el filo solicitado<sup>46</sup>.

#### **2.4.9 Trompos en el patinaje artístico**

Por trompos se entiende la rotación del cuerpo sobre uno o dos patines alrededor del eje longitudinal<sup>3</sup>.

Los trompos descritos en la tabla (Tabla 4 Anexos) son ejecutados en un solo patín, con rotación anti horaria y codificadas en el Reglamento de Patinaje Artístico<sup>3</sup>. Pueden ser:

- **Verticales:** cuando el eje longitudinal del cuerpo corresponde al eje del giro, la pierna portante está estirada, el tronco está en posición recta (nuca y curvatura dorsal deben estar en línea) y los brazos hacia afuera<sup>3</sup>.
- **Agachados:** cuando la pierna portante está flectada y la pelvis se encuentra a la altura de la rodilla (o ligeramente más baja), el tronco ligeramente adelante con la contracción de la musculatura dorsal y abdominal, los brazos generalmente están adelantados paralelos y a la altura de los hombros<sup>3</sup>.
- **Palomas:** cuando el tronco está ligeramente arqueado (contracción de musculatura dorsal, abdominal con los glúteos en tensión), la pierna libre estirada y paralela a la pista, la posición de los brazos es libre, pero estéticamente correcta<sup>3</sup>.

### **3. Revisión de la literatura**

Se realizó una búsqueda sistemática desglosando la pregunta de investigación por tema o relacionando al menos dos de estos.

#### **3.1 Buscadores:**

Las bases de datos que se consultaron fueron:

- PubMed.
- ScienceDirect.
- Scielo.
- Cochrane Biblioteca Virtual en Salud.
- PEDro.

En las bases de datos Scielo y Cochrane Biblioteca Virtual en Salud no se encontraron artículos con los términos que fueron utilizados para la búsqueda.

#### **3.2 Términos utilizados.**

Los términos utilizados para todas las bases de datos fueron:

“Figure skating, proprioceptive training program, stability, ankle stability, biomechanic figure skating, balance, balance training program, ankle sprain”.

#### **3.3 Resultados de la búsqueda**

De los 99 artículos recopilados, 2 eran de utilidad. A continuación se realizará un análisis crítico de los 2 artículos considerados.

### **3.4 Análisis Crítico de la Literatura:**

**TÍTULO:** “El efecto de un programa de entrenamiento de balance en el riesgo de esguince de tobillo en atletas de escuela secundaria”

**AÑO:** Publicado el año 2006, The American Journal of Sports Medicine, Vol. 34, No 7

**AUTOR:** Timothy A. McGuine y James S. Keene, MD

**RESUMEN:**

- Hipótesis: Un programa de entrenamiento de balance puede reducir el riesgo de esguinces de tobillo en atletas de escuela secundaria.
- Tipo de estudio: Ensayo clínico controlado aleatorizado. Nivel de evidencia 1.
- Métodos: 755 jugadores de basquetbol y futbol de la escuela secundaria (523 mujeres y 242 hombres) fueron aleatoriamente asignados al grupo de intervención (27 equipos, 373 sujetos) que participaron en un programa de entrenamiento de balance o al grupo control (28 equipos, 392 sujetos) que realizaron solo ejercicios condicionados estándar. Los entrenadores de los atletas registraron las exposiciones y esguinces.
- Resultados: La tasa de esguinces de tobillos fue significativamente menor en sujetos del grupo de intervención (6,1%, 1.13 de 1000 exposiciones vs 9.9%, 1.87 de 1000 exposiciones;  $P = .04$ ). Atletas con historial de esguince de tobillo tenía 2 veces más posibilidades de riesgo de esguince (tasa de riesgo, 2.14), mientras que los atletas que del grupo de intervención disminuía su riesgo de esguince de tobillo en la mitad (tasa de riesgo, 0.56). El porcentaje de esguince de tobillo para atletas sin previos esguinces fue de 4.3% en el grupo de intervención y 7.7% en el grupo control, pero esta diferencia no fue significativa ( $P = .059$ ).
- Conclusión: Un programa de entrenamiento de balance reducirá

significativamente el riesgo de esguince de tobillo en futbolistas y basquetbolistas de escuelas secundarias.

### **ANÁLISIS CRÍTICO:**

- Los objetivos del estudio son claros y precisos.
- El problema que aborda está claro.
- Tiene un nivel de evidencia 1, que corresponde a un ensayo clínico realizado de forma apropiada.
- El número de atletas utilizado dentro del estudio (765) hace posible que la investigación sea factible.
- La asignación de los grupos fue aleatorizada.
- Creemos que el sesgo de información puede haber ocurrido con los sujetos cuando se completó el cuestionario de auto-informe en relación con su historial de esguince.
- La falta de cegamiento también puede ser una limitación. Los sujetos que realizaban la intervención sabían que lo estaban haciendo para prevenir los esguinces. Además de la falta de cegamiento, los entrenadores certificados de las escuelas sabían que equipos estaban en los grupos control y de intervención lo que podría eventualmente provocar un sesgo.
- El grado de esguince era cuantificable por ciertos parámetros establecidos con anterioridad y eran registrados por los entrenadores certificados.
- Se aplicó un programa de entrenamiento de balance validado.
- En este estudio, los sujetos femeninos superaban en número a los sujetos masculinos en una proporción de 2 a 1, lo cual no intervino mucho en los resultados del estudio, ya que, el porcentaje de mujeres en el grupo de intervención y control no variaba considerablemente (69,9% vs 66,8%).
- Los padres de los atletas parecían más interesados en que sus hijas participaran en esta investigación. Esto puede afectar en el

desempeño de la atleta dentro del programa, no mostrando interés en cumplirlo al 100%.

**TITULO:** “El estudio 2BFit: ¿es un programa de entrenamiento de balance propioceptivo en tabla no supervisado, adicional al cuidado usual, efectivo en la prevención de reincidencia de esguince de tobillo? Diseño de un ensayo clínico controlado aleatorizado”. Protocolo de Estudio.

**AÑO:** Publicado el año 2008. Resultados 2009.

**AUTOR:** Maarten DW Hupperets, Evert ALM Verhagen y Willem van Mechelen

**RESUMEN:**

- **Objetivo:** Evaluar la efectividad de un programa de entrenamiento propioceptivo no supervisado en recurrencia de esguince de tobillo luego de cuidado usual en atletas que han tenido lesiones del ligamento lateral del tobillo.
- **Método/Diseño:** Este estudio fue designado como un ensayo clínico controlado aleatorizado con un año de seguimiento. Individuos sanos entre la edad de 12 y 70, que fuesen participantes activos de actividad deportiva y quienes habían tenido esguince lateral de tobillo hace más de dos meses antes de su inclusión, fueron elegibles para incluir en este estudio. El programa de intervención fue comparado con el cuidado usual. El programa de intervención consistió en un entrenamiento propioceptivo de 8 semanas, las cuales empezaron después de haber terminado el cuidado usual y desde el momento que la participación deportiva fuera posible nuevamente. Los resultados se evaluaron al inicio y cada mes durante 12 meses. El resultado primario de este estudio fue la incidencia de la recurrencia de lesiones del tobillo en ambos grupos con un año de seguimiento luego del esguince inicial. Los resultados secundarios fueron la severidad y la etiología de la reincidencia y el cuidado médico. Costo-efectividad fueron

evaluados desde la perspectiva de la sociedad. Un proceso de evaluación fue conducido por el programa de intervención.

- **Discusión:** El ensayo 2BFit es el primer ensayo controlado aleatorizado en estudiar la efectividad no supervisada en casa de un programa de entrenamiento propioceptivo de balance en una tabla en adición al cuidado usual, en la recurrencia de esguinces de tobillo en deportes. Los resultados de este estudio podrían conducir a cambios en las directrices prácticas sobre el tratamiento de los esguinces de tobillo. Los resultados estarán disponibles en 2009.
- **Resultados:** Durante el año de seguimiento, 145 atletas reportaron una recurrencia de esguince de tobillo: 56 (22%) en el grupo de intervención y 89 (33%) del grupo control. Nueve atletas necesitaron ser tratados para prevenir una recurrencia (número necesitado a tratar). El programa de intervención fue asociado a un 35% de reducción del riesgo de recurrencia. Ninguna diferencias significativas fueron encontradas entre el tratamiento médico de los atletas del grupo de intervención y control. Atletas del grupo de intervención que no fueron tratados medicamente tuvieron una significativa disminución del riesgo de recurrencia que los del grupo control que no fueron tratados medicamente.
- **Conclusiones:** El uso de un programa de entrenamiento propioceptivo después de un cuidado usual de un esguince de tobillo es efectivo para prevenir alguna recurrencia. Este entrenamiento propioceptivo fue beneficiario específicamente en los atletas que originalmente no trataron sus esguinces.

#### **ANÁLISIS CRÍTICO:**

- Rango etáreo de los sujetos incluidos en el estudio (12 – 70 años de edad) es demasiado amplio. Esto puede traer como consecuencia resultados muy variados pudiendo provocar algún sesgo.
- El número de atletas utilizado dentro del estudio (529) hace posible

que la investigación sea factible.

- Se dividieron el número de personas incluidos en el estudio en el grupo control y de intervención de manera aleatoria considerando el género, trabajo en que se desempeña y grado de esguince. Quedando ambos grupos con características homogéneas al comienzo de la investigación.
- Se utilizó el auto reporte de registro del esguince inicial de tobillo. Como las recurrencias fueron reportadas sobre una base mensual, el sesgo de información, no era probable.
- La clasificación errónea de las lesiones (como un diagnóstico erróneo de esguince del ligamento lateral del tobillo) sufridas durante el seguimiento era posible.
- Todas las lesiones registradas en el tobillo fueron cegadas para la asignación de grupos y de forma independiente diagnosticada por dos fisioterapeutas como: esguince del ligamento lateral del tobillo y otras lesiones de tobillo.
- Las pérdidas durante el seguimiento de un 14%, fue considerablemente más baja que la esperada, la cual era del 20%.

## **4. Metodología de la Investigación.**

### **4.1 Pregunta de Investigación.**

¿Es efectivo un programa de entrenamiento propioceptivo validado, basado en una compilación de protocolos de entrenamiento de balance y rehabilitación utilizando disco Freeman para mejorar la estabilidad de tobillo en jóvenes que practiquen patinaje artístico en Chile entre 14 y 18 años de edad entre los años 2013-2014?

### **4.2 Objetivos.**

#### **Objetivo General.**

Determinar si el programa de entrenamiento propioceptivo utilizando disco Freeman mejorará la estabilidad de tobillo en jóvenes que practican patinaje artístico en Chile entre 14 y 18 años de edad entre los años 2013-2014.

#### **Objetivos Específicos.**

- Identificar la efectividad del uso del programa de entrenamiento propioceptivo utilizando disco Freeman en la disminución del riesgo de lesión de la extremidad inferior en jóvenes que practican patinaje artístico en Chile entre la edad de 14 y 18 años entre los años 2013-2014.
- Determinar si existe diferencia estadística significativa entre la estabilidad de la extremidad dominante y no dominante.

- Determinar si el efecto del programa propioceptivo utilizando disco Freeman difiere en la estabilidad de tobillo, según el grado de hiperlaxitud ligamentosa.
- Determinar si el efecto del programa propioceptivo utilizando disco Freeman difiere en la estabilidad de tobillo, según el nivel de fuerza muscular.

#### **4.3 Diseño de estudio.**

Se llevará a cabo un Ensayo clínico controlado aleatorizado simple ciego en patinadoras artísticas amateur de entre 14 y 18 años. El tipo de muestreo será aleatorio estratificado. Se dividirá el grupo de personas en 3 grupos por edad (grupo 1:14-15 años, grupo 2: 16-17 años, grupo 3:18 año.). Luego se hará una aleatorización simple en cada grupo para que queden repartidas de forma uniforme conforme a la edad y así formar el grupo control y el grupo de intervención.

#### **4.4 Justificación del diseño.**

Se llevará a cabo un **Ensayo clínico controlado aleatorizado** (Fig. 11 Anexos). Este diseño cuenta con un grupo de control y otro de intervención, a los cuales se le aplicará una serie de test al inicio y al final del estudio. El grupo control será sometido a un programa de entrenamiento base, mientras que el de intervención, adicional al programa base, realizará un programa de ejercicios propioceptivo.

El estudio será simple ciego. Está demostrado que aquellos ensayos clínicos que no son ciegos tienden a sobrestimar el efecto final de las intervenciones evaluadas y por lo tanto de los resultados. En ésta investigación, la persona cegada será un evaluador externo que se encargará de realizar las evaluaciones iniciales y finales. Por otra parte, este tipo de diseño mejora la adherencia de los pacientes a las intervenciones asignadas y aumenta la permanencia de éstos en el estudio, disminuyendo la deserción durante el seguimiento lo que puede optimizar el rendimiento técnico de este tipo de ensayos<sup>47</sup>.

Los ensayos clínicos controlados al igual que otros diseños de investigación analíticos cuentan con ventajas y desventajas que se enumeran a continuación<sup>48</sup>.

- Ventajas de los ensayos clínicos controlados<sup>48</sup>:
  - a) Son experimentos controlados: El investigador diseña un protocolo de investigación en el que define mecanismos de control que operarán antes y durante el desarrollo de la fase experimental con el objeto de cautelar la seguridad del sujeto de experimentación<sup>48</sup>.
  - b) Son estudios prospectivos: Su ejecución ocurre a lo largo de un período de tiempo definido por el investigador quién participa desde el comienzo, manipulando la variable independiente, hasta el final del experimento, analizando la ocurrencia de la variable dependiente<sup>48</sup>.
  - c) Rigor para establecer causa: El ensayo clínico controlado es el único diseño de investigación capaz de comprobar hipótesis causales<sup>48</sup>.

- d) Prueba de efectividad, eficacia y equivalencia: El diseño experimental permite caracterizar la naturaleza profiláctica o terapéutica de diferentes intervenciones médicas<sup>48</sup>.
  - e) Examina efectos adversos: El desarrollo de un estudio experimental permite conocer y cuantificar la aparición de efectos colaterales indeseados a consecuencia de la intervención en estudio<sup>48</sup>.
- Desventajas de los ensayos clínicos controlados<sup>48</sup>:
- a) Complejidad: La posibilidad de manipular la variable independiente, determinar causalidad y experimentar en seres humanos, confiere a los ensayos clínicos un alto grado de complejidad<sup>48</sup>.
  - b) Costo: La naturaleza de los estudios clínicos experimentales exige el uso de productos biológicos, farmacológicos o procedimientos terapéuticos y de control y monitoreo no exentos de costo<sup>48</sup>.

#### **4.5 Justificación de la Pregunta.**

##### **4.5.1 Características FINER.**

- **Factible:** Es factible porque se cuenta con un número apropiado de personas para realizar el estudio por lo que el tamaño de la muestra será adecuado. Además el tiempo empleado en la realización de este es óptimo para la obtención de resultados significativos.
- **Interesante:** Es interesante, ya que, es un deporte que día a día capta más adeptos y que sigue creciendo tanto en el mundo como en nuestro país y

sobre el cual hay muy pocos estudios científicos en donde los kinesiólogos podrían adentrarse tanto en el ámbito de entrenamientos deportivos para mejorar la práctica de este deporte como en la prevención y rehabilitación de lesiones entre otros.

- **Novedoso:** Es novedoso debido a que solo en los últimos años se le está dando la real y verdadera importancia a la propiocepción no solo en la rehabilitación de lesiones sino que también como parte fundamental en los entrenamientos deportivos. Además no existe gran cantidad de estudios relacionados con la práctica del patinaje artístico en Chile.
- **Ético:** Es ético debido a que no transgrede los principios de no-maleficencia, beneficencia, autonomía y de justicia de las personas. Por lo que no trae daños a los sujetos, solo beneficios.
- **Relevante:** Es relevante, ya que, una de las articulaciones más propensas a sufrir una lesión en este deporte es el tobillo, siendo la lesión más prevalente el esguince<sup>28</sup>. Comprobado esta que uno de los factores de riesgo para un esguince de tobillo es el nivel de estabilidad que posee esta articulación como también está comprobado que la propiocepción tiene una gran incidencia tanto en la estabilidad como en el equilibrio estático y dinámico<sup>2, 4</sup>. El poder comprobar la efectividad de un programa de entrenamiento propioceptivo en la mejora de estabilidad de la articulación del tobillo nos ayudaría a disminuir el riesgo de esta lesión, a la vez que podríamos mejorar la técnica en la práctica deportiva de éste. Además es un aporte a la ciencia, ya que, es un área poco estudiada y sienta las bases para futuras investigaciones.

#### **4.6 Principios Éticos básicos.**

La expresión "principios éticos básicos" se refiere a aquellos conceptos generales que sirven como justificación básica para los diversos principios éticos y evaluaciones de las acciones humanas. Entre los principios básicos aceptados generalmente en nuestra tradición cultural, tres son particularmente apropiados a la ética de investigaciones que incluyen sujetos humanos: los principios de respeto a las personas, beneficencia y justicia<sup>49</sup>.

La investigación debe ser ante todo respetuosa de las creencias, principios, cultura, conocimientos, mitos, tradiciones de las personas. No debe anteponer el bien general al individual<sup>50</sup>.

Debe cumplir con los siguientes principios:

- **Principio de Respeto por la autonomía.**

Define el derecho de toda persona a decidir por sí misma en todas las materias que la afecten de una u otra manera, con conocimiento de causa y sin coacción de ningún tipo. Determina también el correspondiente deber de cada uno de respetar la autonomía de los demás<sup>51</sup>.

- **Principio de Beneficencia:**

Define el derecho de toda persona de vivir de acuerdo con su propia concepción de la vida buena, a sus ideales de perfección y felicidad. Íntimamente relacionado con el principio de autonomía, determina también el deber de cada uno de buscar el bien de los otros, no de acuerdo a su

propia manera de entenderlo, sino en función del bien que ese otro busca para sí<sup>51</sup>.

- **Principio de No Maleficiencia**

Define el derecho de toda persona a no ser discriminada por consideraciones biológicas, tales como raza, sexo, edad, situación de salud, etc<sup>51</sup>.

Determina el correspondiente deber de no hacer daño, aún cuando el interesado lo solicitara expresamente<sup>51</sup>.

- **Principio de Justicia:**

Define el derecho de toda persona a no ser discriminada por consideraciones culturales, ideológicas, políticas, sociales o económicas<sup>51</sup>.

Determina el deber correspondiente de respetar la diversidad en las materias mencionadas y de colaborar a una equitativa distribución de los beneficios y riesgos entre los miembros de la sociedad<sup>51</sup>.

**4.7 Consentimiento informado.**

El consentimiento informado (Anexos) es la expresión tangible del respeto a la autonomía de las personas en el ámbito de la atención médica y de la investigación en salud. No es un documento, es un proceso continuo y gradual que se da entre el personal de la investigación y el individuo y que se consolida en un documento<sup>52</sup>.

El proceso incluye comprobar si el individuo ha entendido la información, propiciar que realice preguntas, dar respuesta a éstas y asesorar en caso de que sea solicitado<sup>52</sup>.

#### **4.8 Asentimiento Informado.**

Una vez que el/la padre/madre o tutor/a legal de la menor de edad en cuestión autorice la participación de su hija o pupila en el estudio, se le hará entrega del asentimiento informado al menor.

Este documento de asentimiento informado va dirigido a los menores de edad que puedan participar en el estudio, en donde se les explicará en qué consiste la investigación, además de los riesgos y beneficios que ella conlleva.

Por medio de este documento la menor podrá expresar su voluntad de participar o no del estudio independientemente si ya ha sido autorizado por su padre/madre o tutor/a.

#### **4.9 Población de Estudio.**

- **Población Diana:** Jóvenes que practiquen patinaje artístico en Chile.
- **Población Accesible:** Jóvenes que practiquen patinaje artístico en Chile entre las edades de 14 y 18 años.

#### **4.10 Selección de la muestra y criterios de elegibilidad.**

Jóvenes que practiquen patinaje artístico entre las edades de 14 y 18 años que cumplan los criterios de elegibilidad.

### **Criterios de inclusión.**

- Debe ser mujer: debido a que la gran mayoría de los deportistas que practican este deporte en Chile son del género femenino<sup>37</sup>.
- Edad entre 14 y 18 años, habiendo cumplido los 14 y 18 años para el 1 de Enero del año del estudio. Se considera este rango de edad por ser el pick de edad en el que se practica este deporte en Chile.
- No presentar historial de esguince de tobillo.
- Pertenecer a un club de patinaje artístico sobre ruedas.
- Haber presentado menarquía.
- Firmar consentimiento informado (mayores de edad o tutor de la menor).
- Firmar asentimiento informado (menor de edad).

### **Criterios de exclusión.**

- Haber realizado un programa de entrenamiento propioceptivo previo.
- Presentar trastornos neuromusculares.
- Presentar historia de esguince, fractura o luxación de tobillo.
- Presentar enfermedad sistémica que pudiera interferir con la entrada sensorial y/o trastornos de la visión que no se pueda corregir con lentes y afecciones auditivas.

#### 4.11 Cálculo Tamaño muestral.

Para la estimación del tamaño muestral, ocupamos el programa Epidat 3.1.

Para calcular nuestro tamaño de muestra utilizamos el porcentaje de riesgo en expuestos y en no expuestos. 95% intervalo de confianza que, por lo tanto, significa un error tipo I de un 5%, potencia mínima de 80 y máxima de 90.

El programa arrojó un tamaño muestral (Fig. 22) de 368 patinadoras con una potencia de 80% y de 492 con una potencia de 90%, considerándose una pérdida de seguimiento del 10%. Se decide seleccionar una muestra con una potencia de 80%, es decir 368 patinadoras.

Riesgo en expuestos:	8.500%
Riesgo en no expuestos:	2.000%
Razón no expuestos/expuestos:	1.000
Nivel de confianza:	95.0%

Potencia (%)	Ji-cuadrado	Tamaño de muestra	
		Expuestos	No expuestos
80.0	Sin corrección	184	184
	Corrección de Yates	214	214
90.0	Sin corrección	246	246
	Corrección de Yates	276	276

Fig.22. Cálculo tamaño muestral.

#### 4.12 Variables del Estudio.

##### 4.12.1 Variable de respuesta. Variable Dependiente.

Variaciones en los resultados de los test de estabilidad y riesgo de lesión pre y post programa de entrenamiento. Cuantitativa ordinal.

#### **4.12.2 Variable de Intervención. Variable Independiente.**

Programa de entrenamiento propioceptivo.

Los sujetos del grupo de intervención realizarán un programa de entrenamiento de balance de 5 fases, los componentes de cada fase se describen en la tabla 1<sup>53</sup>. Modificaremos la fase final consistente en incluir al ejercicio técnicas propias del deporte, adaptándolo al patinaje artístico. Las fases de la 1 a la 4 consistirán en 5 sesiones de ejercicios por semana durante 4 semanas. En la fase 5 (fase de conservación), los sujetos realizarán el programa 3 veces por semana. En todas las fases, cada ejercicio será realizado 30 segundos, y las piernas serán alternadas durante un intervalo de descanso de 30 segundos entre cada ejercicio.

El programa de ejercicio incluirá:

- Mantenimiento del balance estando sobre una pierna en una superficie plana con ojos abiertos y cerrados (Fig.12 anexos).
- Realizar actividades deportivas funcionales en una pierna como estar en posición de trompo izquierda atrás interior, trompo derecha adelante interior y paloma (Fig.13 anexos).
- Mantener una posición de balance con las dos piernas mientras rota la tabla de balance (Fig.14 anexos).
- Mantener una posición de balance en una pierna en la tabla de balance con ojos abiertos y cerrados (Fig.15 anexos).

- Realizar actividades deportivas funcionales mientras se mantiene en una posición de balance en una pierna sobre la tabla (Fig.16 anexos). La tabla de balance que se utilizará será un disco de madera de 16 pulgadas de diámetro con una esfera de 4 pulgadas y media unida a la parte inferior del disco. La esfera permite aproximadamente 17 grados de angulación en todos los planos.

**Tabla 1.** Protocolo programa de entrenamiento propioceptivo<sup>55</sup>.

<b>Fase</b>	<b>Superficie</b>	<b>Ojos</b>	<b>Ejercicio</b>
<b>I Semana 1</b>	Piso	Abiertos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Balance en una pierna.</li> <li>- Balance en una pierna mientras se balancea la pierna levantada.</li> <li>- Sentadilla en una pierna (30-45°).</li> <li>- Balance en una pierna mientras se realiza una actividad deportiva funcional (T/P).</li> </ul>
<b>II Semana 2</b>	Piso	Cerrados	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Balance en una pierna.</li> <li>- Balancear la pierna levantada.</li> <li>- Sentadilla en una pierna (30-45°).</li> </ul>
<b>III Semana 3</b>	Tabla	Abiertos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Balance en una pierna.</li> <li>- Balancear la pierna levantada.</li> <li>- Sentadilla en una pierna (30-45°).</li> <li>- Balance sobre las dos piernas mientras se rota la tabla.</li> </ul>
<b>IV Semana 4</b>	Tabla	Cerrados Abiertos Abiertos Abiertos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Balance en una pierna.</li> <li>- Balanceo de la pierna levantada.</li> <li>- Sentadilla en una pierna (30-45°).</li> <li>- Balance en una pierna mientras se rota la tabla.</li> </ul>
<b>V Semana 5</b>	Tabla	Cerrados Abiertos Abiertos Abiertos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Balance en una pierna.</li> <li>- Sentadilla en una pierna (30-45°).</li> <li>- Balance en una pierna mientras se rota la tabla.</li> <li>- Balance en una pierna mientras se realiza una actividad deportiva funcional (T/P).</li> </ul>

Si una persona pierde cuatro sesiones de entrenamiento de balance, se considerará que no ha cumplido con las normas del protocolo de entrenamiento quedando fuera del estudio.

El programa de entrenamiento propioceptivo que utilizaremos está basado en una compilación de protocolos de entrenamiento de balance y rehabilitación validados y publicados en estudios anteriores<sup>54, 55, 56, 57 58, 59</sup>.

A ambos grupos se le aplicará un programa de ejercicios base que consistirá en ejercicios de flexibilización y fortalecimiento que serán realizadas 3 veces por semana, con cada sesión de 10 a 15 minutos de duración. Los ejercicios para este grupo serán designados por un investigador primario usando el programa de software *physiotools*. Este programa de ejercicio consistirá en las siguientes actividades: 5 minutos de calentamiento aeróbico (trotar), estiramiento de cuádriceps, estiramiento de glúteos (Fig. 23a), estiramiento de flexores de cadera (Fig. 23b), estiramiento de gastrocnemios, estiramiento de isquiotibiales. Además se realizarán ejercicios de fortalecimiento a través de flexiones de brazos, abdominales (Fig. 23c), ejercicios sentado contra la pared (Fig. 23d).

Todos los ejercicios de estiramiento serán realizados 20 segundos cada uno, una vez cada lado<sup>60</sup>.

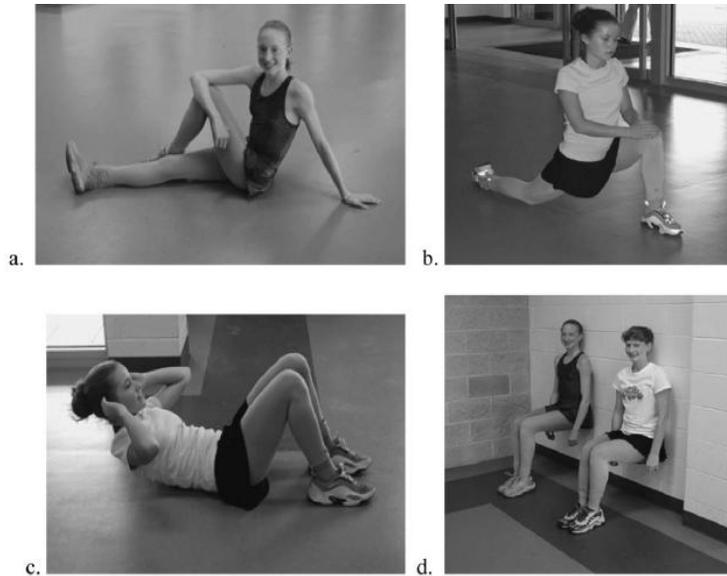


Fig. 23. Ejercicios programa básico. A, Estiramiento de glúteos. B, Estiramiento de flexor de cadera. C, Abdominales. D, Ejercicio contra la pared<sup>60</sup>.

En ambos grupos los ejercicios serán realizados en un formato de clase teniendo un circuito de entrenamiento designado. Todas las sesiones serán cuidadosamente supervisadas. Cada ejercicio será cronometrado por un supervisor<sup>60</sup>. Todas las sesiones de entrenamiento se realizarán en la pista de patinaje. Los grupos serán citados en días distintos en un horario previamente establecido para realizar el entrenamiento de forma separada.

Durante la realización del estudio los participantes no podrán utilizar ningún dispositivo estabilizador externo (tobillera, vendas, etc.).

Las patinadoras al momento de ingresar al estudio deberán cumplir con los criterios de inclusión. El reclutamiento se realizará en los distintos clubes de patinaje artístico ubicados en Chile donde se realizará el estudio.

Asistirán dos estudiantes de kinesiología para supervisar a cada club, recibiendo de antemano instrucciones que especifiquen el programa que deben realizar.

Distribución de las parejas de Supervisores (Tabla 2):

<b>Ciudades.</b>	<b>N° de parejas de Supervisores.</b>	<b>N° de clubes asignados por pareja.</b>
Viña del Mar	1	2
Santiago	3	7
Temuco	1	1

Tabla 2

Total supervisores: 10 - Total clubes de patinaje: 23

Tanto las mediciones como las intervenciones que se llevarán a cabo se realizarán en los respectivos recintos deportivos de entrenamiento de cada club que participará del estudio.

La realización del programa base y del programa de entrenamiento propioceptivo se llevarán a cabo previo al entrenamiento de la disciplina establecido por cada club.

#### 4.12.3 Variables de control (Tabla 3).

<b>Variable</b>	<b>Tipo de Variable</b>	<b>Medición</b>
<b>Edad</b>	Cuantitativa, discreta	Años
<b>Peso</b>	Cuantitativa, continua	Balanza (kg)
<b>Estatura</b>	Cuantitativa, continua	Estadímetro (cms.)
<b>Fuerza muscular</b>	Cuantitativa, continua	MicroFET2 (N, lbs.)
<b>N° de Calzado</b>	Cuantitativa, discreta	Talla
<b>Lateralidad</b>	Cualitativa, dicotómica	Test de Lateralidad
<b>Hiperlaxitud</b>	Cualitativa, ordinal	Test de Beighton

#### 4.13 Mediciones.

##### - Variables de Respuesta.

##### Y Balance (Riesgo de lesión).

Es una herramienta de evaluación funcional desarrollada para evaluar la estabilidad dinámica de la extremidad inferior, monitorear el avance de la rehabilitación, evaluar el déficit después de una lesión e identificar sujetos con alto riesgo de lesiones en las extremidades inferiores. El test requiere características neuromusculares como coordinación del miembro inferior, balance, flexibilidad y fuerza<sup>61</sup>.

El test consta de tres líneas ubicadas en tres direcciones: anterior (A), posteromedial (PM) y posterolateral (PL), con una base marcada al centro donde se coloca la extremidad a evaluar (Fig. 24)<sup>62</sup>.

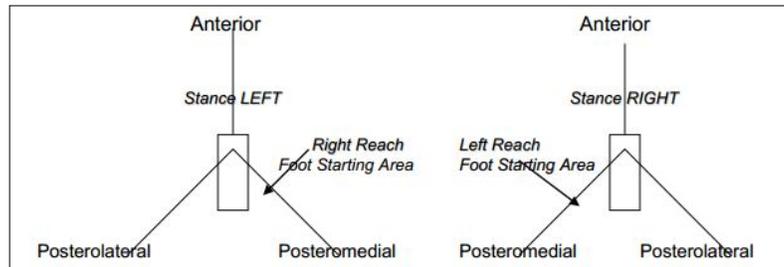


Figura 24. Componentes del test<sup>62</sup>.

Debido a que la altura y longitud de la pierna influye en los resultados, para comparar los sujetos se considera que es necesario normalizar los resultados. Para ello se divide la distancia obtenida entre 3 veces la longitud de la pierna multiplicándolo por 100. La longitud de la pierna se mide desde la espina iliaca antero-superior hasta la parte distal del maléolo medial<sup>62</sup>.

Los sujetos recibirán instrucciones verbales y visuales como demostraciones de cómo realizar el test por parte del examinador<sup>62</sup>.

Se realizará un calentamiento cardiovascular previo seguido de un estiramiento antes de que los sujetos realicen 6 ensayos con cada pierna en cada una de las 3 direcciones antes de la prueba formal. La prueba se realiza sin zapatos. La persona deberá pararse sobre una pierna en el centro de la placa base con el aspecto más distal de los dedos del pie, justo detrás de la línea roja de partida. Mientras se mantiene la posición sobre una sola pierna, la persona llegará con la extremidad libre en las direcciones: anterior, posteromedial y posterolateral

en relación con el pie de apoyo. El protocolo a realizar recomendada de la prueba es de 3 intentos con el pie derecho en la dirección anterior (alcance anterior derecha), seguido de 3 intentos de la izquierda llegando a la dirección anterior (Fig. 25). Este procedimiento se repite para las direcciones posteromedial y posterolateral. El orden de las pruebas específicas es derecha anterior, izquierda anterior, derecha posteromedial, izquierda posteromedial, derecha posterolateral e izquierda postero-lateral<sup>62</sup>.



Fig. 25. Realizando el test en la dirección Posterolateral en relación al pie izquierdo<sup>62</sup>.

La persona se encontrará en la plataforma con los dedos detrás de la línea e intentará llegar lo más lejos posible en la dirección establecida. La distancia máxima alcanzada se medirá mediante la lectura de la cinta métrica en el borde del indicador, el punto donde llegue la parte más distal del pie en centímetros y medio (por ejemplo, 68,5, 69,0, 69,5 cm). El alcance se descartará y se repetirá si el sujeto<sup>62</sup>:

- Falla en mantener la postura unilateral en la plataforma (por ejemplo, aterriza en el suelo con el pie o se cae la plataforma de la postura)<sup>62</sup>.

- No alcanza a mantener el contacto del pie en el punto máximo de alcance por más de 2 segundos<sup>62</sup>.
- Hace un cambio de presión (por ejemplo, la planta completa del pie que realiza la prueba es apoyado)<sup>62</sup>.
- No puede devolver el pie de alcance a la posición inicial de manera controlada<sup>62</sup>.
- El talón del pie de apoyo no se encuentra en contacto con el piso<sup>62</sup>.

El mayor alcance de éxito para cada dirección se utilizará para el análisis. Las distancias máximas de alcance de cada dirección se suman<sup>62</sup>.

**Análisis del puntaje:** El puntaje compuesto (PC) será calculado dividiendo la suma de las distancias máximas alcanzadas en cada dirección (A, PL y PM) por 3 veces la longitud de la extremidad (LL), luego multiplicada por 100<sup>61</sup>.

$$PC = \frac{A + PM + PL}{(LL \times 3)} \times 100$$

Quien tenga un puntaje compuesto menor al 94% tendrá un 6.5 mayor riesgo de tener una lesión de la extremidad inferior<sup>61</sup>. Una diferencia mayor de 4 cms. entre la pierna izquierda y derecha, indica un 4.5 más de riesgo de sufrir una lesión en la extremidad inferior<sup>62</sup>.

### **Standing Stork Balance (Prueba de la cigüeña).**

Tiene como objetivo monitorear el desarrollo de la habilidad del atleta para mantener un estado de equilibrio (balance) en una posición estática<sup>63</sup>.

Para llevar a cabo esta prueba se requerirá: un lugar seco y templado (gimnasio), un cronómetro y un examinador<sup>63</sup>.

El atleta deberá hacer un calentamiento previo. La posición de la prueba será con el atleta apoyando sus dos pies en el piso y las manos en sus caderas. El atleta levantará la pierna derecha (luego se testeará la otra extremidad) y colocará la planta del pie derecho medial a la rodilla izquierda. El examinador dará la orden "YA", se iniciará el cronómetro y el atleta levantará el talón del pie izquierdo y permanecerá apoyado sobre sus dedos del pie (Fig. 26-27). El atleta debe mantener esta posición durante el mayor tiempo posible. Se detendrá el cronómetro cuando el talón de apoyo del atleta toca el suelo o con el pie que está medial se aleja de la rodilla de la pierna apoyada. Se registrará el tiempo, el atleta descansará durante 3 minutos y se realizará el test con la otra pierna. Se tendrán 3 intentos por cada pierna con 1 minuto de descanso entre cada uno<sup>63</sup>.



Fig. 26<sup>63</sup>



Fig.27<sup>63</sup>

Dependiendo el tiempo que permanezca en la posición, se graduará el nivel de equilibrio (tabla 4) en<sup>63</sup>:

Género	Excelente	Bueno	Media	Bajo la media	Pobre
Mujeres	> 30 seg.	30 – 23 seg.	22 – 16 seg.	15 – 10 seg.	< 10 seg.

Tabla 4<sup>62</sup>

### **Flamingo Balance Test (Fig. 28) (Prueba de equilibrio flamenco).**

Su objetivo es medir el equilibrio estático del sujeto<sup>64</sup>.



Fig. 28. Posición del test<sup>64</sup>.

Se requerirá: un cronómetro, una viga (o tabla) de 50 cm de largo, 5 cm de alto y 3 cm de ancho (la viga se estabilizará por dos soportes en cada extremo y deberá tener una superficie no deslizante). Esta prueba se realizará sin zapatos<sup>64</sup>.

Inicialmente, el ejecutante se colocará en posición erguida, con un pie en el suelo y el otro apoyado sobre la tabla de 3 cm. de ancho. A la señal del controlador, el ejecutante pasará el peso del cuerpo a la pierna elevada sobre la tabla, flexionando la pierna libre hasta poder ser agarrada por la mano del mismo lado del cuerpo<sup>64</sup>.

El test se interrumpirá en cada pérdida de equilibrio del sujeto, reiniciando el cronómetro cada vez que vuelva a mantener el equilibrio de una forma continuada hasta un tiempo total de 1 minuto<sup>64</sup>.

Si el ejecutante cae más de quince veces en los primeros 30 seg. se finalizará la prueba y el puntaje será de cero<sup>64</sup>.

Se contabilizará el número de intentos necesarios para guardar el equilibrio en 1 min., y se realizarán varios intentos previos antes de cronometrar al sujeto o la prueba definitiva<sup>64</sup>.

**Puntuación:** El número total de caídas o pérdida de equilibrio en 60 segundos se registrará. Tablas de puntuación están disponibles en el Manual Eurofit (Tabla 5)<sup>64</sup>.

Intentos	Puntuación	Valoración
1	10	Excelente
2	8	Bueno
3	6	Regular
4-14	4	Deficiente
15	0	Malo

Tabla 5. Manual eurofit<sup>64</sup>.

#### 4.13.2 Variables de control.

##### **Edad.**

Se les solicitará a los participantes del estudio completar un formulario con sus datos personales. Esta información será tabulada. Será medida en años.

##### **Peso.**

Las patinadoras pertenecientes tanto al grupo de control como al de intervención serán pesadas en una balanza al inicio del estudio. Esta medición se hará en el recinto deportivo de práctica habitual de cada club.

### **Estatura.**

Las patinadoras pertenecientes tanto al grupo de control como al de intervención serán medidas con un estadímetro al inicio del estudio. Esta medición se hará en el recinto deportivo de práctica habitual de cada club.

### **Fuerza muscular.**

Será medido con el dispositivo MicroFET 2 (Fig. 29)<sup>65</sup>.

El dinamómetro portátil MicroFET 2 fue desarrollado para eliminar la naturaleza subjetiva de las pruebas musculoesqueleticas, dando resultados precisos, objetivos y cuantificables<sup>65</sup>.

La utilidad que brinda el MicroFET es la “prueba de base o pre-prueba” que ofrece la cuantificación de la fuerza en el inicio de la terapia para proporcionar un punto de referencia para mostrar la mejora en el transcurso del programa<sup>65</sup>.



Fig. 29. Imagen MicroFET<sup>65</sup>.

### **N° de calzado.**

Se preguntará en el formulario de datos personales sobre el número de calzado del patín. Esta información será tabulada.

## **Lateralidad.**

La pierna dominante será determinada a través de dos pruebas funcionales: la prueba de patear el balón (Fig.30) y la prueba del cajón. En la prueba de la patada del balón, a los sujetos se les solicita patear el balón lo más fuerte posible. La pierna utilizada para patear el balón será pesquisada como la pierna dominante por cada uno de los tres intentos. La prueba del cajón requiere que los sujetos se suban a un cajón. La pierna utilizada para iniciar la subida será considerada “dominante” en uno de los tres intentos. La pierna utilizada en dos de los intentos será considerada la dominante de la prueba<sup>56</sup>.



Fig. 30. Selección Pierna dominante<sup>66</sup>.

## **Hiperlaxitud.**

Será medida por medio del Test de Beighton, que se basa en presentar un “score de Beighton positivo” que requiere tener 4 puntos o más de un total de 9 para presentar hiperlaxitud generalizada. Los sujetos son valorados en una escala de 9 puntos (0-9), considerando 1 punto por cada sitio hipermóvil, realizándose en ambos hemisferios y midiendo lo siguiente<sup>33</sup>:

- Dorsiflexión pasiva del 5<sup>to</sup> dedo que sobrepase los 90° (un punto por cada mano) (Fig. 17 anexos)<sup>38</sup>.

- Aposición pasiva de los pulgares a la cara flexora del antebrazo (un punto por cada lado) (Fig. 18 anexos)<sup>38</sup>.
- Hiperextensión activa de los codos que sobrepase los 10° (un punto por cada lado) (Fig. 19 anexos)<sup>38</sup>.
- Hiperextensión de las rodillas que sobrepase los 10° (un punto por cada lado) (Fig. 20 anexos)<sup>38</sup>.
- Flexión del tronco hacia adelante, con las rodillas en extensión, de modo que las palmas de las manos se apoyen sobre el suelo (un punto) (Fig. 21 anexos)<sup>38</sup>.

## **5. Propuesta de Análisis Estadístico.**

### **5.1 Hipótesis.**

- **Hipótesis nula.**

El programa de entrenamiento propioceptivo no mejora la estabilidad de tobillo en jóvenes que practican patinaje artístico en Chile entre la edad de 14 y 18 años entre los años 2013-2014.

- **Hipótesis alternativa.**

Un programa de entrenamiento propioceptivo mejora la estabilidad de tobillo en jóvenes que practican patinaje artístico en Chile entre la edad de 14 y 18 años entre los años 2013-2014.

### **5.2 Análisis Descriptivo**

Se especificarán las variables de control dentro de cada grupo. Se realizarán gráficos y tablas con el objetivo de comparar homogeneidad y distribución de los participantes (edad, peso, estatura, fuerza muscular, n° de calzado, lateralidad, laxitud ligamentosa). Además se utilizará el mismo método con las variables de respuesta para demostrar la distribución de frecuencia de mejoría o aumento de cada variable.

Se usarán medidas de tendencia central y de dispersión para las variables cuantitativas (como la edad y porcentajes).

### **5.3 Análisis Inferencial**

Se trabajará principalmente los valores de estabilidad según los valores arrojados por la escala de flamingo test y standing stork test, además de los valores de riesgo de lesión determinado por el Y-balance. Nuestro análisis se basará en si es que existe variabilidad de los resultados de la variable de estabilidad y riesgo de lesión en el grupo experimental luego de implementar el programa de entrenamiento propioceptivo.

Se utilizarán dos pruebas estadísticas: La prueba será un t student (análisis intragrupo) para muestras independientes que evalúa la relación en el interior de cada grupo de tratamiento y además evalúa entre los grupos. La segunda prueba será un t student pareado (análisis intergrupo), que evalúa el cambio en cada uno de los tratamientos viendo si los dos grupos difieren entre sí respecto a sus medias.

Además se utilizará la prueba de Fisher que permitirá ver el incremento porcentual de un grupo con respecto a otro.

Para medir la relación de dos variables se utilizará el coeficiente de correlación de Pearson; su magnitud indica el grado de asociación entre dos variables cuantitativas.

## **6. Administración y presupuesto.**

### **6.1 Administración**

La investigación estará a cargo de 2 investigadores principales. Esta se realizará en los respectivos lugares de entrenamiento de los clubes de patinaje artístico siendo supervisada por una pareja de estudiantes de Kinesiología. Se supervisará un total de 24 clubes de patinaje artístico.

### **6.2 Equipo de trabajo**

A continuación se describirán los roles de las personas que trabajarán en este estudio.

- **Investigadores principales:**

Serán dos. Estarán encargados de la investigación y de la coordinación de ésta realizando reuniones periódicas (al menos 3 reuniones) para ver el avance o los posibles inconvenientes que se pudieran presentar en el transcurso del estudio.

- Deberán revisar cada uno de los consentimientos y asentimientos informados.
- Serán los encargados de planificar el cronograma y velar por el cumplimiento de éste.
- Reclutarán la muestra según criterios de elegibilidad.
- Serán los encargados de reclutar a los estudiantes colaboradores de la investigación, capacitarlos sobre la correcta aplicación del programa de

entrenamiento y el consentimiento y asentimiento informado, e informarles sobre el cronograma a seguir.

- **Estudiantes de kinesiología:**

Se les solicitará colaboración a los estudiantes de kinesiología a ciertas casas de estudio de prestigio localizadas en las cercanías de los clubes de patinaje artístico. Será necesaria la colaboración de 10 estudiantes de Kinesiología, 2 estudiantes en Viña del mar, 6 estudiantes en Santiago y 2 estudiantes en Temuco.

- Deberán medir las variables de control incluidas en el estudio.
- Serán capacitados por parte de los evaluadores principales sobre la correcta aplicación del programa de entrenamiento, en la medición de las variables y el consentimiento y asentimiento informado.
- Aplicarán el programa de entrenamiento y supervisarán la correcta realización de éste.
- Deberán realizar el consentimiento y asentimiento informado.

- **Evaluador Externo:**

Serán 5 y se encargarán de llevar a cabo la aplicación de las evaluaciones iniciales y finales.

- **Bioestadístico.**

- Será el encargado de calcular el tamaño de la muestra.
- Realizará la aleatorización de los participantes del grupo control y grupo experimental.

- Realizará el análisis estadístico del estudio.
- Tabulará los datos que arroge la investigación.

### 6.3 Recursos y presupuesto

El financiamiento de esta investigación se conseguirá a través de postulaciones a fondos concursables destinados a investigación como por ejemplo FONDECYT, FONDEF, FONIS, entre otros. También pidiendo apoyo a proyectos de ayuda hacia la investigación que posea la universidad.

Estos fondos se utilizarán en el financiamiento de recursos humano, material y transporte.

#### 6.3.1 Recursos Humanos

Equipo de trabajo	\$ Hora	Horas Semanales	Semanas	Nº Sujetos	Total
Inv. Principales	-	-	-	2	-
Estudiantes kinesiología	\$3.500	5	5	10	\$875.000
Evaluador 1	\$10.000	25	2	1	\$500.000
Evaluador 2	\$10.000	50	2	2	\$1.000.000
Evaluador 3	\$10.000	78	2	3	\$1.560.000
Bioestadístico	\$15.000	4	8	1	\$480.000
<b>TOTAL</b>					<b>\$4.415.000</b>

### 6.3.2 Recursos Materiales

#### - Bienes de Capital

Material	Cantidad	Total (\$)
Disco de Freeman	\$39.0000 x 25	\$975.000
Balanza	\$6.500 x 5	\$32.500
MicroFit	\$472.700 x 5	\$2.363.500
Estadímetro	\$9.000 x 5	\$45.000
Cinta métrica	\$2.000 x 5	\$10.000
Cronómetro	\$4.000 x 5	\$20.000
Viga	\$7.500 x 5	\$37.500
Balón	\$2.000 x 5	\$10.000
Cajón (Piso pegable)	\$3.000 x 5	\$15.000
<b>TOTAL</b>		<b>\$3.508.500</b>

#### - Bienes Fungibles

Material	Cantidad	Total
Cinta adhesiva de papel	\$1.200 x 5	\$6.000
Artículos de oficina	-	\$35.000
Copias Consentimiento y Asentimiento	\$60 x 368	\$22.080
Gastos generales	-	\$300.000
<b>TOTAL</b>		<b>\$363.800</b>

### 6.3.3 Gastos de Traslado

Dentro del transcurso del estudio se realizarán reuniones de coordinación y supervisión periódicas para resolver cualquier problema que pudiera suscitarse.

Éstas se realizarán en Santiago debido a la mayor concentración de clubes existentes del estudio.

Origen	Destino	N° de pasajes	Costo pasaje (A o B)	Total
Temuco	Santiago	4	\$49.000 (A)	\$196.000
Viña del Mar	Santiago	2	\$5.000 (B)	\$10.000
Micro/Metro		-	\$500.000	\$500.000
<b>TOTAL</b>				<b>\$706.000</b>

**Presupuesto TOTAL: \$8.993.300**

#### 6.4 Cronograma de Actividades:

##### **Etapa I: Marzo - Mayo 2013**

- Plantear Pregunta de Investigación
- Postulación y Obtención de proyectos de financiamiento.
- Formación y Organización del equipo de trabajo.
- Aprobación del Comité de Ética.
- Capacitación de los evaluadores.

##### **Etapa II: Junio – Agosto 2013**

- Identificación Población Diana
- Aplicación de Criterios de Inclusión y Exclusión.
- Estimar Tamaño Muestra.
- Consentimiento y Asentimiento informado.
- Aleatorización grupo intervención y de control.

### **Etapas III: Septiembre - Noviembre 2013**

- Medición inicial de las variables.
- Aplicación de las intervenciones.

### **Etapas IV: Diciembre 2013 – Febrero 2014**

- Medición final de las variables.
- Ingreso de los resultados a la base de datos.
- Elaboración de análisis Descriptivo e Inferencial de los datos.
- Extracción de las conclusiones.
- Informe Final.
- Publicación de los resultados.

## 6.5 Carta Gantt

Actividades/Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Etapa I</b>												
Plantear la pregunta												
Postulación y obtención proyectos de financiamiento												
Formación y organización equipo trabajo												
Aprobación Comité Ética												
Capacitación evaluadores												
<b>Etapa II</b>												
Identificación Población Diana												
Aplicación de Criterios de Inclusión												
Estimar muestra												
Consentimiento y Asentimiento												
Aleatorización grupos												
<b>Etapa III</b>												
Medición inicial variables												
Intervención												
<b>Etapa IV</b>												
Medición final variables												
Ingreso de resultados a base de datos												
Elaboración análisis D-I												
Extracción conclusiones												
Informe Final												
Publicación resultados												

## 7. Anexos

**Tabla 1. Lesiones en el patinaje artístico**

Lesiones	Notas
<b>Pie</b>	
<b>Tendinitis de Aquiles</b>	Causado por compresión o sobreuso.
<b>Mordedura de la lengüeta</b>	Irritación del tendón tibial anterior y extensor de los dedos por la lengua de la bota.
<b>Golpes de la bota</b>	Una prominencia en la parte lateral del talón causada porque el talón de la bota es muy amplio.
<b>Callos, dedos de martillo, prominencia en la base del quinto metatarsiano</b>	Pueden corregirse yendo al podólogo, ortopedista o especialista de pie.
<b>Fracturas por stress</b>	Comúnmente en el primer y segundo metatarsiano y hueso navicular.
<b>Tobillo</b>	
<b>Esguinces de tobillo</b>	Pueden ser prevenidos con ejercicios de propiocepción y estabilización.
<b>Seudotumores</b>	Un tumor de tejido blando surge por la compresión de grasa subcutánea entre la bota, músculos fibulares y la fíbula.
<b>Rodilla/Pierna.</b>	
<b>Lesiones de compresión patelar</b>	Una actual fractura patelar es raro.
<b>Tendinitis patelar</b>	Más común en patinadores de elite que amateurs.
<b>Síndrome patelo-femoral</b>	Puede corregirse con fisioterapia.
<b>Fracturas por estrés</b>	Común en tibia y fíbula.
<b>Cadera</b>	
<b>Apofisitis cresta iliaca</b>	Más común en el esqueleto inmaduro de atletas.
<b>Tensiones musculares: Complejo aductor, flexor de cadera, abdominales oblicuos.</b>	Puede corregirse con fisioterapia.
<b>Espalda Baja</b>	
<b>Dolor Facetario, Tensión Lumbar, Lesiones Cresta Iliaca Posterior, Espondilolistesis, Espondilolisis</b>	Todos los dolores crónicos lumbares deberían ser evaluados radiológicamente.
<b>Extremidad Superior</b>	
<b>Lesiones del Manguito Rotador</b>	Más común en pareja de patinadores.
<b>Quiste benigno en la muñeca</b>	Más común en pareja de patinadores.
<b>Fractura o esguince de muñeca</b>	Pueden resultar de caídas en pareja o individual.

**Tabla 2 Saltos Básicos<sup>46</sup>.**

<b>Saltos básicos</b>			
<b>Nombre</b>	<b>Partida</b>	<b>N° Giros</b>	<b>Llegada</b>
<b>Salto Waltz</b>	Se prepara el salto apoyado en la pierna izquierda patinando hacia adelante con presión exterior (i.a.E).	0,5	Se aterriza con el pie derecho patinando hacia atrás con presión exterior (d.t.E)
<b>Mapes</b>	Se prepara el salto apoyado en la pierna derecha patinando hacia atrás con presión exterior (d.t.E) – pique patín izquierdo.	1.0	Se aterriza con el pie derecho patinando hacia atrás con presión exterior (d.t.E)
<b>Salchow</b>	Se prepara el salto apoyado en la pierna izquierda patinando hacia atrás con presión interior (i.t.I) – se ayuda del freno	1.0	Se aterriza con el pie derecho patinando hacia atrás con presión exterior (d.t.E)
<b>Flip</b>	Se prepara el salto apoyado en la pierna izquierda patinando hacia atrás con presión interior (i.t.I) – pique patín derecho	1.0	Se aterriza con el pie derecho patinando hacia atrás con presión exterior (d.t.E)
<b>Loop</b>	Se prepara el salto apoyado en la pierna derecha patinando hacia atrás con presión exterior (d.t.E)	1.0	Se aterriza con el pie derecho patinando hacia atrás con presión exterior (d.t.E)
<b>Euler</b>	Se prepara el salto apoyado en la pierna derecha patinando hacia atrás con presión exterior (d.t.E).	1.0	Se aterriza con el pie izquierdo patinando hacia atrás con presión interior (i.t.I)
<b>Lutz</b>	Se prepara el salto apoyado en la pierna izquierda patinando hacia atrás con presión exterior (i.t.E).	1.0	Se aterriza con el pie derecho patinando hacia atrás con presión exterior (d.t.E)
<b>Axel externo</b>	Se prepara el salto apoyado en la pierna izquierda patinando hacia atrás con presión exterior (i.a.E).	1.5	Se aterriza con el pie derecho patinando hacia atrás con presión exterior (d.t.E)

Tabla 2 Saltos Básicos Patinaje Artístico<sup>46</sup>.

## Saltos<sup>7</sup>

- Salto Walts o del tres



Fig. 1<sup>7</sup>.

- Mapes.



Fig. 2<sup>7</sup>

- Salchow.



Fig. 3<sup>7</sup>

- Flip.



Fig. 4<sup>7</sup>

- **Loop**



Fig. 5<sup>7</sup>

- **Euler.**



Fig. 6<sup>7</sup>

- **Axel Externo.**



Fig. 7<sup>7</sup>

**Tabla 3 Trompos Básicos<sup>46</sup>.**

Nombre	Particularidad.
<b>Trompos</b>	Se realiza con la pierna izquierda presión atrás interior.
	Se realiza con la pierna derecha presión adelante interior.
	Se realiza con la pierna izquierda presión adelante exterior.
	Se realiza con la pierna derecho presión atrás exterior.

## Trompos<sup>46</sup>

- Trompo izquierdo atrás interno.



Fig. 8<sup>46</sup>.

- Trompo derecho atrás externo.



Fig. 9<sup>46</sup>

- Trompo derecho adelante interno.



Fig. 10<sup>46</sup>

## Ensayo Clínico Aleatorizado

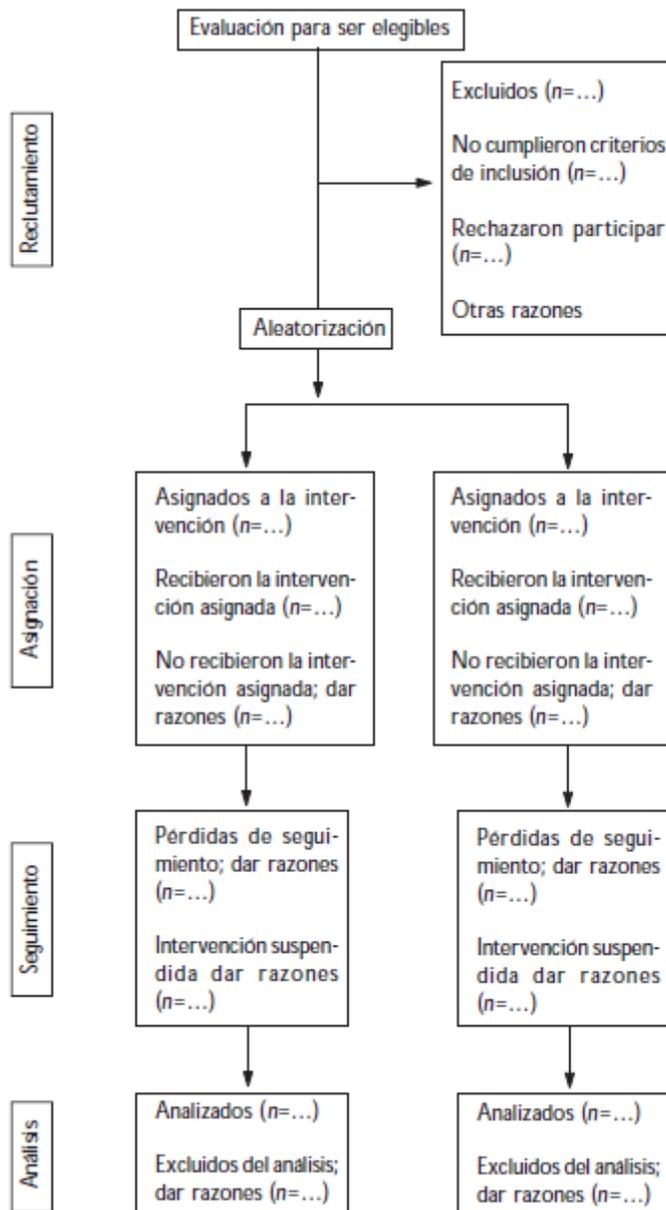


Fig. 11 Diagrama de flujo del progreso a través de las fases de un ensayo clínico aleatorizado<sup>67</sup>.

## Ejercicios Programa Entrenamiento Propioceptivo.



Fig. 12. Balance en una pierna con ojos abiertos<sup>53</sup>.



Fig. 13. Balance en una pierna mientras realiza una paloma<sup>53</sup>.



Fig. 14. Balance en las dos piernas mientras se rota la tabla<sup>53</sup>.



Fig. 15. Balance en una pierna en la tala con ojos cerrados<sup>53</sup>.



Fig. 16. Balance en una pierna en la tabla mientras se realiza una actividad deportiva funcional (paloma)<sup>53</sup>.

## Escala de Beighton



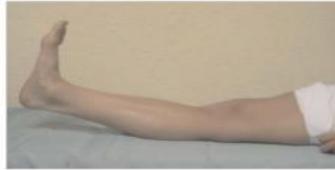
**Fig. 17**



**Fig. 19**



**Fig. 18**



**Fig. 20**



**Fig. 21**

Figuras Escala de Beighton<sup>33</sup>.

## **Consentimiento Informado.**

**Título de la Investigación:** “Efectividad de un programa de entrenamiento propioceptivo utilizando disco freeman para mejorar la estabilidad de tobillo en patinadoras artísticas de Chile entre 14 y 18 años de edad”

A su hija o pupila se le está invitando a participar del estudio, cuyo objetivo es: “Determinar si el programa de entrenamiento propioceptivo utilizando disco Freeman mejorará la estabilidad de tobillo en jóvenes que practican patinaje artístico en Chile entre 14 y 18 años de edad entre los años 2013 y 2014” . Antes de decidir si autoriza la participación o no del menor a su cargo, debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados. Este proceso se conoce como consentimiento informado. Siéntase con absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas al respecto.

Una vez que haya comprendido el estudio y si usted desea autorizar a su pupila a participar, entonces se le pedirá que firme esta forma de consentimiento, de la cual se le entregará una copia firmada y fechada.

### **BENEFICIOS DEL ESTUDIO.**

Su hija puede beneficiarse o no con su participación en el estudio, sin embargo este estudio permitirá que en un futuro otros pacientes puedan beneficiarse del conocimiento obtenido.

## **OBJETIVO DEL ESTUDIO**

Este estudio de investigación tiene como objetivo: “Determinar si el programa de entrenamiento propioceptivo utilizando disco Freeman mejorará la estabilidad de tobillo en jóvenes que practican patinaje artístico en Chile entre la edad de 14 y 18 años entre los años 2013 y 2014”.

## **PROCEDIMIENTOS DEL ESTUDIO.**

En caso de aceptar participar en el estudio se le realizarán al participante algunas preguntas y será sometido a evaluaciones de estabilidad dinámica y estática al inicio y final del estudio. Estas evaluaciones son de tipo no invasivas y no le causarán dolor. Además se le aplicará un programa de entrenamiento que tendrá una duración de 5 semanas consecutivas.

**Sede donde se realizará el estudio:** Las evaluaciones iniciales y finales se realizarán en los recintos deportivos en los cuales se lleva a cabo las prácticas habituales de cada club.

**Investigador principal:** Camila Iturra Rojo y Camila Valdebenito Tejos, estudiantes de Kinesiología de la Universidad de La Frontera.

## **ACLARACIONES.**

- Su decisión de participar en el estudio o de autorizar la participación de su hija o menor de edad que se encuentre bajo su tutela, es completamente voluntaria.
- En caso de no aceptar la invitación, no habrá ninguna consecuencia desfavorable para usted.
- Si decide participar en el estudio puede retirarse en el momento que lo desee, aun cuando el investigador responsable no se lo solicite.
- No recibirá pago por su participación.
- La información obtenida en este estudio, utilizada para la identificación de cada paciente, será mantenida con estricta confidencialidad por el grupo de investigadores.
- Cualquier duda que tenga puede consultarlas antes o durante el estudio.
- Si considera que no hay dudas ni preguntas de su participación, puede, si así lo desea, firmar la carta de consentimiento informado que forma parte de este documento.

Yo, \_\_\_\_\_ he leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines científicos. Como padre/madre o tutor/a de \_\_\_\_\_ autorizo su participación en este estudio de investigación de manera voluntaria.

Recibiré una copia firmada y fechada de esta forma de consentimiento.

---

Firma del padre/madre o tutor/a legal

Fecha

---

Testigo 1

Fecha

---

Testigo 2

Fecha

---

Firma del investigador.

Fecha

## **Asentimiento Informado.**

Te estamos invitando a participar de un estudio donde queremos ver si un programa de entrenamiento ayudará a que tu tobillo sea más fuerte y puedas mantener mejor el equilibrio mientras patines. Para esto te haremos unas pruebas antes de empezar el programa de entrenamiento y después de que lo realices. Estas evaluaciones no te dolerán y no hay resultados buenos o malos.

Tendrás que asistir a la pista de entrenamiento los días que te citemos para llevar a cabo el programa de entrenamiento.

Por este motivo quiero saber si te gustaría participar en este estudio. Ya hemos hablado con tus padres/ tutores y ellos saben que te estamos preguntando si quieres participar. Si decides no participar nadie se enojara contigo.

No tienes que contestar ahora, puedes pensarlo y hablarlo con tus padres, amigos. Si no entiendes cualquier cosa puedes preguntar las veces que quieras en cualquier momento del estudio y te explicaremos lo que necesites.

Además, si decides que no quieres terminar el estudio, puedes retirarte cuando quieras. Nadie puede enojarse o enfadarse contigo si decides que no quieres continuar en el estudio.

Si firmas este papel quiere decir que lo leíste, o alguien te lo leyó y que quieres estar en el estudio. Si no quieres estar en el estudio, no lo firmes. Recuerda que tú decides estar en el estudio y nadie se puede enojar contigo si no firmas el papel o si cambias de idea después de empezar el estudio y te quieres retirar.

---

Firma del participante del estudio

---

Fecha

---

Firma del investigador

---

Fecha

## Bibliografía

1. Nello M. Juez Nacional de Patinaje Artístico Clase A. Entrenador club Patinaje artístico Universidad de Chile. 2012.
2. Ávalos C, Berrío J. “Evidencia del trabajo propioceptivo utilizado en la prevención de lesiones deportivas” Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Educación Física: Entrenamiento deportivo. Colombia. 2007.
3. Merlo A. “Patinaje Artístico Individual Libre”. 2009.
4. Ramírez S.J., Sales L.M. “Evaluaciones kinésicas funcionales de miembros inferiores en futbolistas”. Universidad abierta interamericana. Facultad medicina y ciencias de la salud. Licenciatura en kinesiología y fisioterapia. Rosario, Santa fe, Argentina. 2007.
5. Martín-Casado L, Avendaño-Coy J, Luis López J, et. Al “Diferencias en test de equilibrio estático entre las extremidades con y sin bostezo articular de tobillo”. *Elsevier*, 2010. Vol. 45(167):161–168 págs.
6. Porter E, CC Young, Niedfeldt NW, et. Al "Sport Specific Injuries and Medical Problems of Figure Skater" *Wisconsin Medical Journal*, 2007. Vol. 106(6): 330-4 págs.
7. “Guía Deportiva Patinaje Artístico”. Escuela Virtual de Deportes. Bogotá, Colombia. 2008.

8. American College of Foot and Ankle Surgeons. Inestabilidad Crónica de Tobillo, 2005.
9. Niek van Dijk “Inestabilidad crónica funcional y mecánica” Conferencia de Consenso Mundial sobre Inestabilidad de Tobillo. *Clínica del deporte*, 2005.
10. Aguilar S, González C, Anwandter B. “Tesis: Fundamentos de la reeducación propioceptiva”. 2004: 98 págs.
11. Romero RD, Tous FJ. “Prevención de lesiones en el deporte” 2011.
12. Tarantino RF. “Propiocepción: Introducción teórica”. Diplomado en Fisioterapia Universidad Alfonso X El Sabio, Madrid, 2009.
13. DeLany JW, Chaitow L. “Aplicaciones clínicas de las técnicas neuromusculares”. Extremidades inferiores volumen 2. Edit. Paidotribo. Enero 2007. 600: 63 pág.
14. Angulo C. M<sup>a</sup> Teresa, Dobao AC. “Biomecánica clínica, biomecánica articular” Universidad Complutense de Madrid. 2010.
15. Tironi JC “Evaluación funcional propioceptiva de miembros inferiores en deportistas”. Universidad abierta Interamericana., Rosario, Santa Fe. Republica Argentina. 2009.
16. Prentice WE. “Técnicas de rehabilitación en la medicina deportiva” 4<sup>a</sup> Edición, 2009. 681: 587-590 págs.

17. Izquierdo JM, Alacreu JB “Lecciones de neurocirugía”. Universidad de Oviedo, 1992. 487: 110 pág.
18. Castellano M. A. “Rehabilitación propioceptiva de la inestabilidad de tobillo”. *Archivos de medicina del deporte*. 2009. Vol. XXIV (132): 297-305 págs.
19. Rojas R.M. “Kinesiological Development: Interpretation of a Process to Enhance Body Movement” Universidad Del Rosario. Revista Ciencias de la Salud, Rev. Cienc. Salud Vol.4 no.1 Bogotá 2006.
20. Hall M. Carrie, Thein Brody Lori. “Ejercicio terapéutico recuperación funcional”. 1º Edición. Editorial Paidotribo, 2006; 719: 479-481 pp.
21. Domínguez G. Entrenador de Tenis. Profesor de Secundaria en la Especialidad de Educación Física. “La lateralidad en el tenis y sus consecuencias como deporte asimétrico”. IES Salduba, San Pedro Alcántara, Marbella. España. 2010.
22. Gevorgyan V. et. Al. “Instituto Marie Manoogian. Sistema esquelético y muscular”. Trabajo práctico Educación Física 2012.
23. López S. Klgo. “Biomecánica de tobillo y pie. Lesiones del pie más frecuentes”. Hospital Traumatológico, Concepción. 2011.
24. Kapandji IA. “Fisiología Articular – Miembro Inferior – Tomo 2” 5ª Edición. Editorial médica panamericana, 1998; 280: 158-200 pp.
25. Morales F.”Rehabilitación de la inestabilidad del tobillo”. Universidad del Valle. 2011.

26. Miralles R., Miralles Rull I. “Biomecánica clínica de los tejidos y las articulaciones del aparato locomotor”. 2ª Edición, Edit. Elsevier Masson, 2005. 347: 261-273 págs.
27. Cailliet R. “Anatomía funcional biomecánica”. Edit. Marban, 2005. 292: 255 pág.
28. Ramos Parrací, C.A. Doctorando en Alto Rendimiento Deportivo, Esp. Actividad, Física Terapéutica, Fisioterapeuta, Lic. Educación Física, “Prevención de la inestabilidad crónica de tobillo”. Universidad del Tolima. 2009.
29. Nordin M, P.T, Dr. Sci. “Biomecánica básica del sistema musculoesqueletico” 3ª Edición, 2001. 485: 228-264 págs.
30. Netter FH, MD. “Atlas de Anatomía Humana” 4ª Edición. 2007. 596: 519-29 págs.
31. Guede F. Kinesiólogo licenciado MS. “Biomecánica de músculos”. Universidad de las Américas.
32. Días Ramos D. Lic. “Biomecánica y Kinesiología”. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de medicina San Fernando. 2007.
33. Zurita OF, Ruiz RL, Martínez MA et. al. “Hiperlaxitud ligamentosa (test de Beighton) en la población escolar de 8 a 12 años de la provincia de Granada”. *Elsevier. Reumatología Clínica*. 2010. Vol. 6(1):5–10 págs.
34. Puentes Y, Dra. “Esguince de tobillo en el corredor”. 2009.

35. Bulbena A, González JC, Drobnic F. “La laxitud articular y su relación con la lesión deportiva y el trastorno por angustia”. *Archivos de medicina del deporte*. 2008. Vol. XXV. (127): 374-383 págs.
36. Riemann LB, Lephart MS. “The Sensoriomotor System, Part II: The Role of proprioception in Motor Control and Functional Joint Stability”. *Journal of Athletic Training*, 2002. Vol.37 (1): 80-4 págs.
37. Pérez CA. Ex patinadora artística. Entrenadora Club de patinaje artístico Temuco.
38. Coleman S. “Functional analysis of the articulating figure skate” 2005.
39. Fortin DO, Harrington MD, Langenbeck MD. “The Biomechanics of Figure Skating” *Physical medicine and rehabilitation*, 1997. Vol. 11(3): 627-47 págs.
40. “Ice Skating Injuries: Ice Skating - Fun until someone gets hurt”
41. Weil R. Sport, Podiatry management, 2010.  
[http://www.sportsdoctorradio.com/images/Podiatry\\_Mgmt\\_Weil\\_June\\_2010b.pdf](http://www.sportsdoctorradio.com/images/Podiatry_Mgmt_Weil_June_2010b.pdf)
42. Richards J, Director del Laboratorio de Biomecánica, Universidad de Delaware. "New Figure Skate Has Ankle Hinge for Safety." 2004.
43. Grasson B. “Power on ice”. Training & Conditioning 2003.  
[www.momentummedia.com/articles/tc/tc1305/ice.htm](http://www.momentummedia.com/articles/tc/tc1305/ice.htm)
44. Neeld LK. “Ankle instability in male collegiate ice hockey players”. 2007.

45. Moody GA. "What is the difference between EE & D skates?" 2011.
46. Carmona FJ. "El proceso de formación de los saltos en categorías menores: elementos técnicos estructurales en la modalidad de patinaje artístico", Universidad de Antioquia, Medellín 2008.
47. Rada G. "Ciego en ensayos clínicos controlados"  
<http://escuela.med.puc.cl/recursos/recepidem/estExper04.htm>. 2007.
48. Rada G. "El ensayo clínico controlado."  
<http://escuela.med.puc.cl/recursos/recepidem/PDF/estExper03.pdf>. 2007.
49. El informe Belmont. "Principios y Guías éticas para la protección de los sujetos humanos de investigación". 1979.
50. Cardozo C. OD PUJJ. "Consideraciones éticas de la investigación – generalidades". Red Bioética UN. Universidad de Chile.
51. Díaz C. RN, BSN. Profesional Ético y Responsable Edic. College. División de educación continúa. 2011.
52. Guía nacional para la integración u el funcionamiento de los Comités de Hospitalarios de Bioética. Comisión Nacional de Bioética. México. Secretaria de Salud. 2010. Pág 60.
53. McGuine T, Keene J. "The Effect on a Balance Training Program on the Risk of Ankle Sprains in High School Athletes". *The American Journal of Sports Medicine*, 2006. Vol. 34(7): 1103-11 págs.

54. Bernier JN, Perrin DH. "Effect of coordination training on proprioception of the functionally unstable ankle". *Journal of Orthopaedic Sports Physical Therapy*, 1998. Vol.27: 264-275 págs.
55. Hoffman M, Payne VG. "The effects of proprioceptive ankle disk training on healthy subjects". *Journal of Orthopaedic Sports Physical Therapy*. 1995. Vol. 21: 90-93 págs.
56. Holme E, Magnusson SP, Becher K, et. Al "The effect of supervised rehabilitation on strength, postural sway, position sense and re-injury risk after acute ankle ligament sprain". *Journal of Athletic Training*, 1999. Vol. 9: 104-109 págs.
57. Sheth P MD, Bing Yu PhD, Laskowski E MD, et. Al "Ankle disk training influences reaction times of selected muscles in a simulated ankle sprain" *Am Journal of Sports Medicine*, 1997. Vol. 25: 538-543 págs.
58. Trop H, Askling C, J Gillquist . "Prevention of ankle sprains". *Am Journal of Sports Medicine*, 1985. Vol.13: 259-262 págs.
59. Kovacs JE, Birmingham TB, Forwell L, Litchfield RB. "Effect of Training on Postural Control in Figure Skaters: A Randomized Controlled Trial of Neuromuscular Versus Basic Off-Ice Training Programs". *Clinical of Journal Sports Medicine*, 2004. Vol.14: 215-224 págs.
60. Filipa A, Byrnes R, Paterno MV, et. Al "Neuromuscular training improves performance on the star excursion balance test in young female athletes". *Journal of Orthopaedic, Sports Physical Therapy*, 2010. Vol. 40(9): 551-58 págs.

61. “Y Balance Test Protocol”

<http://www.move2perform.com/site/images/stories/pdfs/YBT%20Instructions.pdf>.

62. Rocafort A.L. “Fiabilidad del test de equilibrio en desplazamiento en estrella (TEDE)” V Congreso asociación española de ciencias del deporte, 2008. 1-8 págs.

63. “Standing Stork Balance Test”. <http://www.brianmac.co.uk/storktst.htm>

64. Martínez L.E “Valoración del equilibrio. Resultados y análisis estadístico en educación secundaria”. 2003.

65. “Hoggan Health Industries”. <http://64.122.165.221/welcome/microfet2.php>

66. International Classification of Functioning, Disability and Health.

[www.ictillustration.com/icfil\\_eng/d/d435.htm](http://www.ictillustration.com/icfil_eng/d/d435.htm)

67. Lazcano P. E., MC, Dr. En C. Salud pública de México. “Ensayos clínicos aleatorizados: variantes, métodos de Aleatorización, análisis, consideraciones éticas y regulación”. 2004. Vol. 46 (6).