



Carrera de Kinesiología
Facultad de Medicina
Universidad de Valparaíso

Efectos de una Pauta de Entrenamiento de ejercicios pliométricos *versus* ejercicios de estabilización, sobre el equilibrio postural en basquetbolistas varones entre 14 y 17 años pertenecientes al Club Unión Árabe de Básquetbol de Valparaíso, 2011

SEMINARIO DE TÍTULO PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIADO EN KINESIOLOGÍA

Autores: Bryan Ahumada Astorga
Andrés Álvarez Sandoval
Elizabeth Araya Hernández

Profesor Guía: Leopoldo Galindo Ponce Klg.
Carrera de Kinesiología
Facultad de Medicina
Universidad de Valparaíso

Valparaíso, Chile
2011

*Dedicado a nuestras familias y amigos más cercanos
ya que gracias a su constante apoyo, este trabajo
se ha realizado con éxito.*

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer la colaboración del Club Unión Árabe de Básquetbol de Valparaíso, por su generosidad, paciencia y colaboración, ya que sin ellos esta investigación no podría haberse llevado a cabo.

También queremos reconocer el gran aporte por parte de nuestros profesores Leopoldo Galindo Ponce y Juan Cristian Rojas Montero, ya que con sus enseñanzas, revisiones y dedicación en nuestro estudio enriquecieron el trabajo realizado.

Para finalizar, agradecemos a nuestras familias, quienes siempre nos han respaldado, brindándonos su apoyo incondicional y aliento para la obtención de nuestras metas, en un camino que se inicio en el año 2007 y ahora está por culminar.

INDICE

	PÁGINA
1.- Introducción	1
2.- Marco Teórico	3
2.1 Sistema Sensoriomotor	3
2.1.1 Feedback	5
2.1.2 FeedForward	6
2.2 Propioceptores y Vías Sensoriales Periféricas	8
2.2.1 Tipos de fibras nerviosas en articulaciones y músculos	9
2.2.2 Inervación sensitiva de articulaciones y músculos	9
2.2.3 Morfotipo de receptores articulares y musculares	10
2.3 Bases neuronales del proceso de Integración Sensorial	14
2.4 Estabilidad	20
2.5 Principios del Entrenamiento Neuromuscular	22
2.6 Jugador de Básquetbol: Aptitudes y lesiones más comunes	24
2.7 Prueba de Equilibrio con Desplazamiento en Estrella	30
2.8 Ejercicios de Estabilidad	32
2.9 Ejercicios Pliométricos	34

2.9.1 Fisiología del trabajo muscular Excéntrico y Concéntrico	34
2.9.2 Implicancia de los Ejercicios Pliométricos en Control Motor	35
2.9.3 Clasificación	40
3.- Hipótesis	42
4.- Objetivo General	43
5.- Objetivos Específicos	44
6.- Materiales y Métodos	45
6.1 Materiales	45
6.2 Metodología	47
6.2.1 Población	47
6.2.1.1 Criterios de Inclusión	47
6.2.1.1 Criterios de Exclusión	48
6.2.2 Muestra	49
6.2.3 Diseño	49
6.2.4 Lugar de Investigación	49
6.2.5 Procedimiento	50

6.2.5.1 Prueba Equilibrio Desplazamiento en Estrella	50
6.2.5.2 Ejercicios Pliométricos	52
6.2.5.3 Ejercicios de Estabilidad	52
6.2.6 Diseño Experimental	53
6.2.7 Flujograma	54
7.- Análisis Estadístico	57
8.- Resultados	59
9.- Discusión	75
10.- Conclusiones	84
11.- Referencias	85
12.- Anexos	96

INDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1: Correlación entre procesos motores y sensoriales	17
Figura 2: Direcciones de la PEDE	51
Figura 3: Flujograma de División de la Muestra	55
Figura 4: Flujograma que indica Procedimiento de Investigación	56
Figura 5: Ejecución PEDE	97
Figura 6: Ejecución PEDE Jugador Básquetbol Club Unión Árabe Valparaíso	97
Figura 7: Ejercicios que componen Pauta de Pliométricos	101
Figura 8: Ejercicios que componen Pauta de Estabilidad	105

INDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1: Comparación Pre y Post Aplicación PEDE GC, GP, GE Pie de apoyo Derecho ($p < 0,05$)	67
Tabla 2: Comparación Pre y Post Aplicación PEDE GC, GP, GE Pie de apoyo Izquierdo ($p < 0,05$)	68
Tabla 3: Comparación Medias Pre y Post Evaluación PEDE GP y GC Pie de apoyo Derecho ($p < 0,05$)	70
Tabla 4: Comparación Medias Pre y Post Evaluación PEDE GP y GC Pie de apoyo Izquierdo ($p < 0,05$)	71
Tabla 5: Comparación Medias Pre y Post Evaluación PEDE GE y GC Pie de apoyo Derecho ($p < 0,05$)	73
Tabla 6: Comparación Medias Pre y Post Evaluación PEDE GE y GC Pie de apoyo Izquierdo ($p < 0,05$)	74

INDICE DE GRAFICOS

	PÁGINA
Gráfico 1: Medias Pre y Post Evaluación PEDE Grupo Control (Pie de Apoyo Derecho)	61
Gráfico 2: Medias Pre y Post Evaluación PEDE Grupo Control (Pie de Apoyo Izquierdo)	61
Gráfico 3: Medias Pre y Post Evaluación PEDE Grupo Pliométrico (Pie de Apoyo Derecho)	63
Gráfico 4: Medias Pre y Post Evaluación PEDE Grupo Pliométrico (Pie de Apoyo Izquierdo)	63
Gráfico 5: Medias Pre y Post Evaluación PEDE Grupo Estabilidad (Pie de Apoyo Derecho)	65
Gráfico 6: Medias Pre y Post Evaluación PEDE Grupo Estabilidad (Pie de Apoyo Izquierdo)	65
Gráfico 7: Comparación de Medias Pre y Post Evaluacion PEDE GP y GC (Pie de Apoyo Derecho)	70
Gráfico 8: Comparación de Medias Pre y Post Evaluacion PEDE GP y GC (Pie de Apoyo Izquierdo)	71
Gráfico 9: Comparación de Medias Pre y Post Evaluación PEDE GE y GC (Pie de Apoyo Derecho)	72
Gráfico 10: Comparación de Medias Pre y Post Evaluación PEDE GE y GC (Pie de Apoyo Izquierdo)	73

INDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
Anexo 1: Consentimiento Informado	96
Anexo 2: Prueba de Equilibrio con Desplazamiento de Estrella	97
Anexo 3: Ejercicios Pliométricos	100
Anexo 4: Ejercicios de Estabilidad	102
Anexo 5: Tablas de Estadística Descriptiva (TED)	106
TED 1: Estadística Descriptiva Pre y Post Evaluación PEDE Grupo Control Pie de Apoyo Derecho	106
TED 2: Comparación Pre y Post Evaluación PEDE Grupo Control Pie de Apoyo Derecho	106
TED 3: Estadística Descriptiva Pre y Post Evaluación PEDE Grupo Control Pie de Apoyo Izquierdo	107
TED 4: Comparación Pre y Post Evaluación PEDE Grupo Control Pie de Apoyo Izquierdo	107
TED 5: Estadística Descriptiva Pre y Post Evaluación PEDE Pauta de Ejercicios Pliométricos Pie de Apoyo Derecho	108
TED 6: Comparación Pre y Post Pauta de Ejercicios Pliométricos Pie de Apoyo Derecho	108
TED 7: Estadística Descriptiva Pre y Post Evaluación PEDE Pauta de Ejercicios Pliométricos Pie de Apoyo Izquierdo	109

TED 8: Comparación Pre y Post Pauta de Ejercicios Pliométricos Pie de Apoyo izquierdo	109
TED9: Estadística Descriptiva Pre y Post Evaluación PEDE Pauta de Ejercicios de Estabilidad Pie de Apoyo Derecho	110
TED 10: Comparación Pre y Post Pauta de Ejercicios de Estabilidad Pie de Apoyo Derecho	110
TED 11: Estadística Descriptiva Pre y Post Evaluación PEDE Pauta de Ejercicios de Estabilidad Pie de Apoyo Izquierdo	111
TED 12: Comparación Pre y Post Pauta de Ejercicios de Estabilidad Pie de Apoyo Izquierdo	111
Anexo 6: Línea de Tiempo 2011	112

Siglas

GC: Grupo Control

GP: Grupo Pliométricos

GE: Grupo Estabilidad

LCA: Ligamento Cruzado Anterior

SBET: Star Excursión Balance Test

PEDE: Prueba de Equilibrio con Desplazamiento en Estrella

SBT: Single Balance Test

AL: Antero-Lateral

A: Anterior

AM: Antero-Medial

M: Medial

PM: Postero-Medial

P: Posterior

PL: Postero-Lateral

L: Lateral

TRAL: Terapia Rehabilitadora del Aparato Locomotor

TED: Tablas de Estadística Descriptiva

Abstract

Objective: To determine the effectivity of a plyometric training pattern in comparison with a stability protocol on the postural balance of male basketball players, between 14 and 17 years old, who belong to the Association of Valparaíso.

Design: Quasi-experimental longitudinal of probabilistic type.

Methods: The sample used was of 30 players. In order to determine the differences of the postural balance, this was measured before and after the training by the “Star Excursión Balance Test”. The sample was divided into three groups: Control Group (GC), which do not apply any specific exercise; the Pliometric Group (GP), which followed a plyometric exercise protocol, and the Stability Group (GE), which performed stability exercises. Every group continued with the normal training provided by their club. This was a nine-week-long intervention.

Results: The distance reached in the test of balance with the star displacement was longer in Stability Group (GE) than in Plyometrics Group (GP).

Conclusion: The postural balance increased in the group to which it applies a pattern of stability exercises, compared with the group to which you apply a pattern of plyometric exercised.

Key words: Postural balance, basketball, plyometric training, stability training, test of the star excursion.

Resumen

Objetivo: Determinar los efectos de la aplicación de una pauta de ejercicios pliométricos y otro de estabilización, en el equilibrio postural en jugadores de básquetbol varones , de entre 14 y 17 años de edad, pertenecientes al Club Unión Árabe de Valparaíso.

Diseño: Cuasi experimental longitudinal del tipo probabilístico.

Métodos: La muestra utilizada fue de 30 jugadores. Para determinar las diferencias en el equilibrio postural, éste se midió antes y después del entrenamiento por medio de la “Prueba de Equilibrio con Desplazamiento en Estrella”. El conjunto de estudio se dividió en tres grupos: Grupo Control (GC), el cual no se le aplicó ningún ejercicio específico; Grupo Pliométricos (GP), que siguió una pauta de ejercicios pliométricos y Grupo Estabilidad (GE), que realizó ejercicios de estabilidad. Todos continuaron con el entrenamiento habitual de su club. La intervención tuvo una duración de 9 semanas.

Resultados: La distancia alcanzada en la prueba de equilibrio con desplazamiento en estrella fue mayor en el Grupo Estabilidad (GE) que en el Grupo Pliométricos (GP).

Conclusión: El equilibrio postural aumenta en el grupo al cual se aplicó una pauta de Ejercicios de Estabilidad, en comparación con el grupo al que se le aplicó una pauta de Ejercicios Pliométricos.

Palabras claves: equilibrio postural, básquetbol, entrenamiento pliométrico, entrenamiento de estabilidad, prueba de excursión de la estrella.

1.- INTRODUCCION

El entrenamiento deportivo es un proceso de formación, educación y perfección de las capacidades funcionales de un individuo, dentro de las que destacan la fuerza, resistencia, flexibilidad, velocidad y coordinación. El equilibrio postural también está dentro de estas habilidades, pero en general sólo se considera como un elemento de rehabilitación posterior a una lesión y no en el entrenamiento habitual para mejorar el equilibrio. Debido a esto se ha establecido una relación entre el déficit de entrenamiento de equilibrio postural y un mayor riesgo de lesiones, sobre todo en deportes que incluyan saltos y desplazamientos a gran velocidad como el básquetbol^{1,2,3}.

El entrenamiento y los errores que se produzcan en su aplicación, así como también, el equipamiento inadecuado y/o condiciones ambientales adversas, pueden ser considerados factores extrínsecos capaces de inducir lesiones. Por el contrario, los factores intrínsecos (laxitud patológica, alteraciones artrocinemáticas, etc.) pueden ser modificados y utilizados como un elemento protector. Es por ello que se propone la aplicación de dos tipos de entrenamientos que pueden tener efectos positivos en el equilibrio postural de

los deportistas, como son los ejercicios pliométricos y los de estabilización. Éstos se enmarcan dentro de los entrenamientos de tipo neuromuscular, los que pueden proporcionar mejoras simultáneas en el rendimiento deportivo y en la estabilidad dinámica, en comparación con individuos que no hayan recibido este entrenamiento^{1,2,3}.

En función de lo expuesto anteriormente, el objetivo de esta investigación es comparar la efectividad de un protocolo de ejercicios de estabilidad y uno de ejercicios pliométricos sobre el equilibrio postural en jugadores de básquetbol, entre 14 y 17 años de edad, pertenecientes al Club Unión Árabe de Valparaíso, entre los meses de Julio y Octubre de 2011.

2.- MARCO TEÓRICO

2.1. Sistema Sensoriomotor

El sistema sensoriomotor es un subcomponente integral del sistema de control motor del cuerpo, y es extremadamente complejo. El término sistema sensoriomotor fue aprobado por los participantes de la Fundación de Educación de Medicina Deportiva y Taller de Investigación en 1997, para describir la integración de los componentes sensorial, motor y central en el procesamiento de la mantención de la homeostasis de la articulación durante los movimientos corporales (estabilidad funcional de la articulación)⁴. El proceso de mantenimiento de la estabilidad funcional de la articulación se lleva a cabo a través de una relación complementaria entre los componentes estáticos y dinámicos. Los ligamentos, cápsulas articulares, cartílagos, fricción, y la geometría ósea de la articulación comprenden los componentes estáticos, mientras que la contribución del componente dinámico es el resultado del control neuromotor en la musculatura que cruza la articulación^{4,5}.

La propiocepción describe correctamente la información aferente que se origina en las zonas periféricas del cuerpo que contribuyen al control postural, la estabilidad articular, y varias sensaciones conscientes. En contraste con la

propiocepción, el termino somatosensorial es más global y abarca toda la información mecanoreceptiva, termoreceptiva y dolorosa que se origina de la apreciación periférica^{4,5}.

El control neuromuscular es un término frecuentemente utilizado en muchas disciplinas relacionadas con el control motor. Se puede referir a cualquiera de los aspectos relacionados con el control del sistema nervioso durante la activación muscular y los factores que contribuyen a la ejecución de tareas. En concreto, desde una perspectiva de estabilidad de la articulación, se define como control neuromuscular la activación inconsciente de restricciones dinámicas que ocurren en la preparación y en la respuesta de un movimiento articular con el propósito de mantener y restaurar estabilidad de la articulación funcional. Aunque el control neuromuscular subyace en todas las actividades del motor de alguna forma, no es fácil separarlo de los comandos neurales que controlan el programa motor^{4,5}.

En una persona sana, el sistema sensoriomotor generalmente se mantiene por dos diferentes sistemas de control: Feedback y Feedforward.

2.1.1 Feedback (Retroalimentación)

Es una respuesta correctiva de los movimientos proporcionada por una detección sensorial, una retroalimentación^{4,6}.

El feedback tiene dos componentes clave para su funcionamiento. En primer lugar, se necesita una estimación óptima del estado del sistema (variables de estado), la cual se genera por información sensorial aferente combinada con señales eferentes motoras. En segunda instancia, éstas variables de estado se deben convertir en señales motoras, las que no son fijas, pero se ajustan en base a los objetivos específicos del comportamiento. El feedback produce correcciones si las variaciones en las variables de estado afectan negativamente el rendimiento motor, y se ignora si no es así. Esta corrección selectiva es especialmente importante para un sistema con perturbaciones, para poder adaptarse a los objetivos generales del sistema⁷.

El sujeto utiliza el feedback para conocer el error y comparar lo que quiere hacer con lo que realmente hace. El disponer de un feedback adecuado puede mejorar notablemente el aprendizaje de tareas complejas, este se puede desencadenar durante o después de la acción, y en los dos casos se puede

subdividir en intrínseco y extrínseco. El feedback intrínseco, es de tipo propioceptivo o interoceptivo fundamentalmente, aunque también puede ser exteroceptivo. Se canaliza a través de receptores como los husos neuromusculares y el órgano tendinoso de Golgi, o los mecanorreceptores articulares en el caso del propioceptivo, y en el caso del exteroceptivo intervienen, fundamentalmente, los fotoreceptores de las estructuras oculares. El feedback extrínseco supone todo tipo de información que el sujeto recibe gestionada del exterior que le informa de cómo está o ha ejecutado una determinada tarea o acción⁸.

2.1.2 Feed forward (Anticipación)

Feed forward es una medida de anticipación a la interrupción homeostática de nuestro cuerpo, el cual a través del sistema nervioso central emplea la información aferente de todo tipo para predecir los cambios inmediatos en el medio y, basándose en la experiencia previa, efectuar el movimiento considerado idóneo. Son respuestas anticipatorias en las que el sistema nervioso central calcula previamente la acción y pone en marcha un programa motor en función de la experiencia previa y de las cargas externas que supone que va a encontrar el movimiento. La información sensorial previa es determinante para seleccionar el movimiento siéndolo también para mejorar

el programa motor elegido en caso de que no cumpla las expectativas (aprendizaje por repetición de ensayos y corrección de errores)^{4,9}.

La información aferente durante el control feed forward se utiliza de forma intermitente hasta que los controles de retroalimentación se inician. En algunos casos, existe una combinación de control, tanto feed forward y feedback, como en el mantenimiento del control de la postura⁴.

2.2 Propioceptores: Vías Sensoriales Periféricas

Las neuronas de los ganglios raquídeos, con sus prolongaciones central y periférica, actúan como transductores y transmisores de información y representan la unidad aferente. Las prolongaciones sensitivas de las neuronas periféricas terminan en los órganos que inervan formando diferentes morfotipos de receptores. En el caso de las neuronas propioceptivas, a nivel articular y de los ligamentos, se trata de corpúsculos de Ruffini, de Pacini y Pacini-like, algunos tipos de corpúsculos glomerulares (tipo Golgi-Mazzoni) y, en menor medida, terminaciones nerviosas libres. En los músculos forman órganos tendinosos de Golgi e inervan las fibras intrafusales de los husos neuromusculares^{10,11,12}.

Con la excepción de los husos neuromusculares, el resto de los morfotipos de propioceptores tienen la misma estructura básica: un axón central, células de Schwann diferenciadas periaxónicas y dispuestas de varias maneras, y una cápsula de tejido conectivo más o menos desarrollada. Es decir, en la formación de los corpúsculos sensitivos participan los mismos elementos que integran la fibra nerviosa de la que dependen¹⁰.

2.2.1 Tipos de fibras nerviosas en las articulaciones y músculos

Las fibras nerviosas sensitivas representan la prolongación periférica del axón pseudounipolar de las neuronas sensitivas. Dichas fibras se clasifican de acuerdo con sus características estructurales (especialmente diámetro y contenido en proteínas del citoesqueleto) y su velocidad de conducción¹⁰.

Las de velocidad de conducción más rápida se denominan A, son mielínicas y se subdividen en a, b y d, de mayor a menor velocidad de conducción. Las de conducción más lenta y menor calibre son las fibras C que, por lo general, son amielínicas. Finalmente, las fibras B corresponden a las simpáticas preganglionares mielínicas (aunque algunas neuronas sensitivas tienen propiedades fisiológicas semejantes)¹⁰.

2.2.2 Inervación sensitiva de las articulaciones y músculos

La composición fibrilar de los nervios que ubicados en las articulaciones es muy variable, pero existe un consenso en que la proporción de fibras amielínicas es muy superior a la de mielínicas. En general, las fibras que se

activan por movimientos articulares normales son muy escasas (10% aproximadamente), corresponden al tipo II y terminan formando corpúsculos sensitivos de Ruffini, órganos tendinosos de Golgi y corpúsculos de Pacini o Pacini-like. Aproximadamente, el 30-40% son fibras de los tipos III y IV y presentan un umbral mecánico bajo durante los movimientos pasivos de las articulaciones. El 60-70% restante responde sólo a movimientos extremos y dañinos, o no se activan por ningún tipo de movimiento mecánico, lo que indica que se trata de unidades nociceptivas¹⁰.

Centrándose en las extremidades inferiores, se han encontrado diversos tipos de receptores de acuerdo a las estructuras involucradas. Así, en el ligamento cruzado anterior, se hallaron mecanorreceptores del tipo de los órganos tendinosos de Golgi, corpúsculos de Ruffini y de Pacini. Mismas estructuras encontradas también a nivel de los meniscos articulares^{10,12}.

2.2.3 Morfotipos de receptores articulares y musculares

A pesar de que clásicamente se describen diferentes morfotipos de receptores sensitivos articulares, se considera que todos ellos son, en realidad, un continuo, los cuales cambian dependiendo de su morfología, de la

adaptación y de las condiciones locales. En este sentido se ha llegado a afirmar que los corpúsculos de Ruffini que se encuentran en las articulaciones son prácticamente idénticos a los órganos tendinosos. A continuación, se describen los detalles morfológicos más importantes y característicos de los diferentes morfotipos de mecanorreceptores presentes en las articulaciones, músculos y tendones de los seres humanos^{10,11,12}.

Los Corpúsculos de Pacini son mecanorreceptores distribuidos por el tejido conectivo de todo el organismo que se estimulan por desplazamientos mecánicos transitorios y vibraciones. Están formados por un axón grueso que termina por una dilatación denominada zona dendrítica. A lo largo de todo el axón se encuentran las denominadas espinas axónicas que representan las zonas en las que se produce la transducción. A nivel de las articulaciones se han localizado corpúsculos de Pacini o Pacini-like en la parte más externa de la cápsula fibrosa, ligamentos y meniscos, en la grasa articular y en el periostio adyacente a los puntos de inserciones capsulares^{10,11,12}.

También existen los Corpúsculos de Ruffini y Ruffini-like, los cuales se encuentran distribuidos por el tejido conectivo de todo el cuerpo y se estimulan, en el caso de las articulaciones, por estiramiento. Están formados por un axón central, tejido conectivo perineural (fibrillas de colágeno y fibroblastos), y una

cápsula incompleta unida al tejido adyacente por uniones más o menos fuertes. Los corpúsculos de Ruffini que se encuentran en las articulaciones son muy semejantes a los órganos tendinosos. En las articulaciones, se encuentran en la cápsula fibrosa, ligamentos, meniscos y periostio adyacente y, aunque están presentes en todas las regiones de la cápsula, suelen ser más abundantes en las zonas de mayor requerimiento mecánico^{10,11,12}.

Otro mecanorreceptor a considerar es el Órgano Tendinoso de Golgi, este es un receptor muscular de forma fusiforme conectado en serie con grupos de fibras musculares, aunque también se han encontrado en los ligamentos y meniscos. Están formados por axones mielínicos de tipo Ib que llegan a uno o dos órganos. A nivel del polo muscular el corpúsculo se conecta con grupos de fibras musculares mientras que en el polo tendinoso termina como un pedúnculo que abandona la cápsula y se inserta en la aponeurosis o en un tendón intramuscular y, en ocasiones, se dispone adyacente a ellos^{10,11,12}.

Los Husos neuromusculares son receptores de estiramiento distribuidos por los músculos esqueléticos de los vertebrados que informan al sistema nervioso acerca de la posición y movimientos del cuerpo y de sus diferentes partes. Están formados por fibras musculares especializadas rodeadas por un espacio periaxial que contiene un fluido y, por fuera, por una cápsula de tipo

fusiforme. Por este motivo las fibras musculares se denominan intrafusales y a su inervación motriz como fusimotora. La inervación sensitiva de los husos neuromusculares corre a cargo de dos tipos de fibras, denominadas primarias gruesas (tipo Ia) y secundarias finas (tipo II) ^{10,11,12}.

Por último, están las Terminaciones nerviosas libres y no capsuladas, que en general, funcionan como nociceptores, siendo las más frecuentes en las articulaciones. No puede descartarse un papel propioceptor para algunas, ya que pueden comportarse como mecanorreceptores de alto umbral. Su distribución es muy amplia y han sido localizadas en la cápsula fibrosa, el tejido adiposo, ligamentos, meniscos y el periostio, mientras que su presencia a nivel de la sinovial es controvertida ^{10,11,12}.

2.3 Bases Neuronales del proceso de integración sensitivomotora

La mayoría de la información propioceptiva viaja a los niveles superiores del SNC ya sea a través del tracto dorsal lateral o el tracto espinocerebeloso. Los dos tramos laterales dorsales se encuentran en la parte posterior de la región de médula espinal y, finalmente, transmiten las señales a la corteza somatosensorial. Aunque la mayoría de las sensaciones que viajan en este tramo son el tacto, presión y vibración, diversas cantidades de la apreciación consciente de la posición y sensaciones kinestésicas también se han atribuido a este tracto. Las vías espinocerebelosas se caracterizan por la transmisión a gran velocidad en el sistema nervioso central. Como su nombre indica, las vías espinocerebelosas terminan en diversas áreas del cerebelo, donde las señales pueden ser procesadas e integradas con otra información aferente y descendente. En contraste con la apreciación sensorial consciente asociada con las vías dorsales laterales, las vías espinocerebelosas se cree que son responsables para la propiocepción inconsciente (es decir, la posición de las extremidades, ángulos de las articulaciones, la tensión muscular y la longitud) que se utiliza para las actividades automáticas, voluntarias y reflexiva^{4,62}.

La médula espinal: desempeña un papel integral en el control motor. De la médula espinal surgen respuestas directas motoras de la información

sensorial periférica (reflejos) y primaria para los patrones de la coordinación motora (rítmica y central generadora de patrones). Puede transmitir la información aferente a las interneuronas, los centros motores superiores y otras neuronas motoras (antagonista). Las bifurcaciones y las redes interneuronales proporcionan la base para que la medula espinal posea funciones integrativas eferentes. Los reflejos pueden ser obtenidos a partir de la estimulación de la cutánea, músculos, articulaciones, mecanorreceptores y puede implicar la excitación de las Motoneuronas α o γ , o ambas cosas^{4,63}.

El tronco cerebral: contiene los principales circuitos del control postural y equilibrio en muchos movimientos automáticos y estereotipados del cuerpo. Además, al estar bajo el mando cortical directo y proporcionar una estación de relevo indirecto de la corteza a la médula espinal, las áreas del cerebro regulan y modulan directamente las actividades motoras basados en la integración de la información sensorial desde fuentes visuales, vestibulares y somatosensoriales. Dos vías descendentes, las vías medial y lateral, se extienden desde el tronco cerebral a las redes neuronales de la médula espinal. La vía medial influencia las neuronas motoras que inervan los músculos axiales y proximales, mientras que la vía lateral controla los músculos distales de las extremidades^{4,64}.

La corteza motora: es responsable de iniciar y controlar los movimientos voluntarios. Se divide en tres zonas especializadas y organizadas

somatotípicamente. La primera área, la corteza motora primaria, recibe información aferente periférica a través de varias vías y es responsable de la codificación de los músculos que se activan, la fuerza a producir por los músculos reclutados, y la dirección del movimiento. La segunda área, premotora, también recibe inputs sensoriales considerables, sin embargo, es principalmente involucrado en la organización y preparación de las órdenes motoras. El área motora suplementaria, es la tercera especializada de la corteza motora, también juega un papel importante en la programación de secuencias complejas de movimientos que involucran a grupos musculares^{4,63}. Para graficar las relaciones que se producen a los distintos niveles de control nervioso, junto a las aferencias correspondientes, revisar Figura 1.

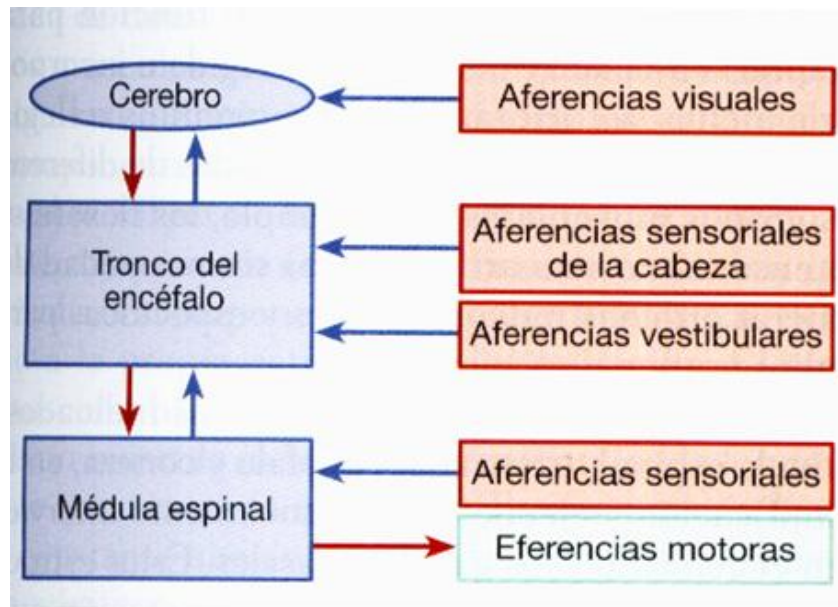


Figura 1. Correlación entre procesos motores y sensoriales. Las flechas azules indican procesos sensoriales y las flechas rojas procesos motores⁹.

La principal vía recta descendente de la corteza motora para la Motoneurona α y γ es el tracto corticoespinal. Además de influir en las funciones motoras directamente, el tracto corticoespinal también afecta la actividad motora indirectamente a través de las vías descendentes del tronco cerebral⁴.

El cerebelo: opera exclusivamente en un nivel subconsciente, juega un papel importante en la planificación y modificación de las actividades motoras, en lo que es la comparación del movimiento que se pretende hacer con el movimiento resultante. Esto se logra a través del flujo continuo de información de las áreas de control motor y las áreas sensoriales centrales y periféricas. El cerebelo se divide en tres divisiones funcionales.

- La primera división recibe información vestibular, tanto directa como indirectamente del laberinto vestibular (receptores de medio punto y los otolitos), y tiene que ver con la postura equilibrio.
- La segunda división del cerebelo es la principal responsable para la planificación y puesta en marcha de los movimientos, sobre todo en los miembros que requieran destreza y movimientos rápidos. Esta división recibe los aportes tanto de los sentidos como del córtex motor.
- La tercera división, el espinocerebelo, recibe información somatosensorial y transmite a través de cuatro vías espinocerebelosas ascendentes. El cerebelo también se ha implicado en el aprendizaje motor^{4,62}.

Los ganglios basales: constan de 5 núcleos subcorticales (grupos de las células nerviosas), ubicado profundamente en los hemisferios cerebrales. En contraste con el cerebelo, que tiene conexiones de entrada y de salida con los 3 niveles de control motor, la corteza cerebral es el único componente que tiene conexiones con el eje central de entrada y salida (a través del tálamo) con el ganglio basal. Con respecto al control motor, los ganglios basales se cree que participan en un orden más superior, los aspectos cognitivos del control motor^{4,63}.

Una distinción adicional del cerebelo es que los ganglios basales reciben información de toda la corteza cerebral, no sólo lo relacionado con la función sensorial y motora. La entrada general y conexiones de salida cortical sugieren que están involucrados en muchas funciones que no sean de control motor^{4,63}.

2.4 Estabilidad

La estabilidad se define como la capacidad de una articulación de mantenerse sin cambios ante la aplicación de una fuerza, incluso en la presencia de las fuerzas que normalmente cambian de estado o condición. También se ha descrito como la propiedad de volver al estado inicial de la interrupción. Con respecto a las articulaciones, sobre la base de las definiciones anteriores, se denomina al conjunto de estas que puedan volver inmediatamente a una adecuada alineación a través de una equiparación de fuerzas^{4,13}.

El mantenimiento del equilibrio entre estabilidad y movilidad de una articulación requiere la función sincrónica entre componentes estáticos y dinámicos^{4,14}. Los ligamentos, cápsula articular, cartílago y geometría ósea comprenden los componentes estáticos. La contribución dinámica es producto de la acción del líquido sinovial y el resultado del control neuromuscular a través de los músculos esqueléticos que cruzan la articulación, que requieren una compleja interacción entre el sistema de control de los nervios y el sistema musculoesquelético^{4,13}. 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 articulación¹⁵.

El ser humano está constantemente buscando su equilibrio, y lo logra a través de la estabilidad o control postural. El control postural representa la habilidad del ser humano para mantener el centro de presiones, que coincide con la proyección perpendicular del centro de gravedad. Los límites de estabilidad son donde el cuerpo puede mantener su posición sin modificar la base de soporte. Si el centro de presiones cae fuera de los límites de estabilidad, la caída es inevitable, a menos que se realice una maniobra brusca de corrección, que varía dependiendo de la intensidad del estímulo desestabilizador¹⁵.

La alteración de aferencias sensoriales como la visión o propiocepción, privan al sujeto de una importante fuente de información para mantener el equilibrio^{15,16}.

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 musculares¹⁷.

2.5 Principios del entrenamiento neuromuscular

El entrenamiento neuromuscular tiene por objetivo mejorar el control sensoriomotor (también llamado control neuromuscular), y obtener el equilibrio de los segmentos en situaciones estáticas y dinámicas sin movimientos compensatorios, con el fin de adquirir un control postural en las actividades de la vida diaria y recreativas de mayor intensidad¹⁸.

El entrenamiento puede estar compuesto por distintos elementos como: pliometría, balance, agilidad, elongaciones y ejercicios excéntricos^{2,19,20,21}.

La progresión es proporcionada variando el número, dirección y velocidad de movimientos, el aumento de la carga y/o cambiando superficie de apoyo^{21,22,23}.

Al poseer una progresión, los ejercicios se realizan con una mayor dificultad, por lo tanto, un ejercicio que comenzó en una superficie estable, puede terminar en una inestable (disco de freeman, bosu, tablas de balance). Esta dificultad puede aumentar más quitando la aferencia visual al tratamiento, comenzando con ojos abiertos y a medida que se avance en la pauta comenzar a ejecutar los ejercicios con ojos cerrados^{23,24,25}. En todos los grupos de edad resulta difícil mantener el equilibrio al incrementar la complejidad de las señales visuales y/o somatosensoriales^{15,16}.

El entrenamiento neuromuscular puede proporcionar a los atletas adaptaciones biomecánicas para responder de mejor manera a las fuerzas extremas que se generan en una competición²⁶. El entrenamiento del equilibrio y la coordinación muestran efectos beneficiosos sobre el rendimiento sensoriomotor²⁷.

Se ha visto que la fatiga afecta la agudeza del sistema sensoriomotor, obstaculizando la función normal de los mecanorreceptores al desensibilizar umbrales del huso muscular²⁸.

2.6 El jugador de básquetbol: aptitudes y lesiones más comunes

Para entender mejor el deporte que utilizamos como referencia para esta investigación, es necesaria una introducción. Este es un juego entre 2 equipos con 5 jugadores cada uno. El objetivo de cada equipo es anotar en el tablero oponente y evitar que el otro enceste en el propio, siendo el ganador aquel que tenga la mayor puntuación al finalizar el encuentro. El partido se desarrolla en cuatro lapsos de 10 minutos cada uno. El período de descanso es de 2 minutos entre el primer y segundo cuarto, y el tercero y cuarto, mientras que el tiempo de pausa a la mitad del partido (entre los tiempos segundo y tercero) es de 15 minutos²⁹.

Los jugadores de básquetbol son sometidos a diferentes exigencias, tanto aeróbicas, como de fuerza y destreza física, para poder desarrollar de óptima forma su labor. Entre estas habilidades que deben poseer se encuentra la capacidad de salto, de aterrizaje y la capacidad de cambiar repentinamente de dirección³⁰.

Aproximadamente un tercio del tiempo de un partido, un jugador realiza movimientos de alta intensidad como correr y saltar. Por todo ello no es

sorprendente encontrar que casi la mitad (45%) de las lesiones de tobillo se producían durante el aterrizaje luego de dar exigentes saltos, y que casi un tercio (30%) ocurrían durante un giro brusco o una vuelta, movimiento integral del básquetbol¹⁸. Un pobre equilibrio al ejecutar estas acciones, los hace más susceptibles a padecer estas lesiones en sus extremidades inferiores, ya que se ha logrado establecer una asociación entre lesiones como los esguinces de tobillo y por ejemplo, una prueba alterada de balance como el SBT (single balance test)^{31,32,33}.

Diferentes factores de riesgo pueden contribuir a la susceptibilidad de un atleta a la aparición de lesiones, entre estos se han descrito factores intrínsecos y extrínsecos. Dentro de los factores intrínsecos se encuentran mal alineamientos posturales, variaciones o alteraciones anatómicas, incremento de la laxitud ligamentosa fisiológica e influencias hormonales. Los factores extrínsecos, destacan un acondicionamiento físico insuficiente como son los desbalances musculares, inadecuado control neuromuscular (propiocepción) y mala ejecución de los movimientos corporales fundamentales como el salto, el correr, etc³⁴.

El básquetbol es en donde aparece el mayor porcentaje de lesiones entre los deportes sin contacto, incluso es mencionado como el más peligroso, con un

mayor riesgo de lesión, que los mismos deportes de contacto. Estos hallazgos pueden ser útiles en el desarrollo de un programa de entrenamiento que busque herramientas para disminuir estas estimaciones³³.

El predictor más fuerte de las lesiones de tobillo que se ha identificado es una historia previa de lesión, la que produce 4,9 veces más de probabilidades de sufrir otra afección de la zona. Ello indica que estos jugadores tienen la necesidad de ser conscientes del mayor riesgo de lesionarse después de una lesión inicial y por ende hay que aplicar estrategias de prevención³⁵.

La mayoría de las lesiones que se reportaron por parte de estudiantes en un estudio realizado por Emery y cols. (2005), fueron de las extremidades inferiores, producidas mientras jugaban básquetbol, vóleibol, fútbol y hockey. Todos estos deportes implican un alto grado de giros o cambios de dirección, así como rápidas maniobras de aceleración y desaceleración³².

En un estudio descriptivo realizado con 109 jugadores no profesionales de básquetbol, con el fin de determinar la incidencia de lesiones traumáticas relacionadas a este deporte, llegaron a las siguientes conclusiones:

1. Se lesionan más los hombres que las mujeres (73% frente a un 27%).
2. Hay una mayor incidencia de lesiones en las extremidades inferiores con respecto a las superiores.
3. Las articulaciones afectadas en orden decreciente son: tobillo, rodilla, columna, mano, muñeca, hombro, pie, codo y cadera.
4. El 60% de jugadores ha acudido al traumatólogo en alguna ocasión³².

Para determinar si existe diferencia entre géneros en la incidencia de lesiones se realizó la prueba de equilibrio unipodal, no encontrando diferencias entre sexo al ejecutarla con ojos abiertos y con ojos cerrados. El género de todas formas puede ser un predictor de incidencia lesiones, ya que se establece que las estrategias de recepción del salto en deportes como el básquetbol entre sexos, suelen ser diferentes y podrían influir en la mayor o menor incidencia de lesiones deportivas de la extremidad inferior³⁶.

Desde el punto de vista del profesionalismo en el básquetbol, como en la Asociación Nacional de Básquetbol (NBA, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos, las extremidades inferiores padecen un 57% del total de las lesiones. Huguet y cols. (1987), observaron según la ubicación anatómica, que las zonas

más lesionadas son la rodilla (50% hombres, 61% mujeres) y el tobillo (12 % – 25%), por otra parte, el daño ligamentoso (esguince), representa entre el 25% y el 35% de las lesiones, y junto a la del ligamento cruzado anterior de la rodilla, ocupan conjuntamente el 49% del total de éstas. Este mismo estudio encontró que más de la mitad (57%) de los jugadores con afecciones del tobillo no buscan tratamiento profesional, aunque cerca de tres cuartas partes (76%) tiene algún tipo de tratamiento, pero de éste sólo un 41% se somete a un programa de rehabilitación con un fisioterapeuta^{31,35}.

Se logró demostrar una reducción en la tasa de lesión en el tobillo después del entrenamiento y rehabilitación del equilibrio, por lo que no recibir la atención adecuada puede ser causante de re-lesion³¹.

El trabajo del equilibrio ha demostrado ser eficaz como medida profiláctica de lesiones, tanto en básquetbol como en otros deportes^{31,32,33}.

La mayoría de los estudios previos muestran que los efectos del entrenamiento del equilibrio se observan principalmente en jugadores con lesiones previas, aunque se hace difícil determinar su valor individual, ya que

éste se combina con el entrenamiento funcional, la capacitación técnica o entrenamiento de saltos³³.

Un programa de 6 semanas de entrenamiento del equilibrio-propiocepción realizado en el hogar es eficaz en mejorar el equilibrio estático y dinámico en adolescentes sanos, y también es determinante en la prevención de todas las lesiones deportivas en más de 6 meses³².

Las investigaciones futuras deberían centrarse en la eficacia del entrenamiento del equilibrio, en la mejora de éste y en la prevención de lesiones en las extremidades inferiores durante actividades deportivas³⁵.

2.7 Prueba de Equilibrio con Desplazamiento en Estrella

Para poder evaluar el control postural dinámico a los participantes de nuestro estudio se requirió de una prueba que fuese válida, simple y de bajo costo²³. Para ello se recurrió a la Prueba de Equilibrio con Desplazamiento en Estrella (PEDE), el que fue descrito por Gribble y Hertel (1995)^{37,38,39}.

Esta prueba exige que el participante adopte posturas que requieren flexión de rodilla, cadera y de tobillo con un rango de movimiento y fuerza adecuadas, además de la propiocepción y control neuromuscular necesarios para realizar esta exigente tarea²³. Las demandas de fuerza y de rango de movimiento son mayores al realizar tareas dinámicas en comparación con las estáticas³⁹.

Previamente, ya se ha establecido la confiabilidad de esta prueba (Hertel y cols. 2000; Kinzey y Armstrong, 1998), sensibilidad (Earl, 2002; Miller, 2001; Olmsted y cols. 2002) y validez para poder ser aplicado en nuestra intervención^{38,40}. La PEDE es una prueba para apreciar el control postural que puede ser útil en la evaluación de las alteraciones funcionales en los pacientes con o sin lesiones ortopédicas de las extremidades inferiores; por ello, podría

incorporarse a los exámenes previos a la participación física, para ayudar a identificar a los jugadores de baloncesto que tienen deficiencias específicas y tener la posibilidad de mejorar éstas, a través de un programa de entrenamiento neuromuscular antes del inicio de la competencia³⁸.

Se sugiere que entre los participantes, la longitud de las piernas sea considerada en la normalización de los datos del rendimiento obtenido³⁸.

2.8 Ejercicios de Estabilidad

Son ejercicios de control postural que se consideran dentro de un programa de entrenamiento propioceptivo, se pueden realizar sobre distintas superficies, desde superficies lisas hasta superficies inestables. Son de gran utilidad, ya que evocan y facilitan respuestas preparatorias requeridas para el balance y también respuestas reactivas, debido a los cambios súbitos de dirección, generando beneficios en lo que es el balance corporal^{4,41}.

Los responsables de la mantención de la estabilidad, como se dijo anteriormente, se dividen en los componentes estáticos, compuesto por los ligamentos, cápsula articular, cartílago y geometría ósea, y dinámicos, el líquido sinovial y músculos que rodean a la articulación. Al tener un equilibrio de estos componentes, podemos encontrar una articulación que responde de forma óptima al trabajo que se le somete¹³.

En la disciplina del básquetbol, la mayor cantidad de lesiones se producen en el tobillo, ya que es un deporte que está básicamente compuesto por saltos y giros a gran velocidad. El tobillo lesionado conlleva a la

inestabilidad inminente de la articulación, por lo que se pierde el equilibrio que existe entre los factores estáticos y dinámicos de la estabilidad^{13,31}.

La lesión recurrente del tobillo produce una inestabilidad crónica en la articulación, la cual puede ser una inestabilidad funcional o mecánica^{2,28}. Al identificarse este tipo de inestabilidades (funcional o mecánica), el manejo clínico, tratamiento y rehabilitación a nivel de esta articulación se facilita, apuntando a una reducción del riesgo en la recurrencia de las lesiones⁴².

Para combatir esta inestabilidad de tobillo, se utilizan los ejercicios de estabilidad, los cuales se aplican a los deportistas como forma preventiva ante las lesiones^{33,43,44,45}.

2.9 Ejercicios Pliométricos

Los ejercicios pliométricos se definen como aquellos que capacitan al músculo de alcanzar una fuerza máxima en un periodo de tiempo lo más corto posible¹⁹. El impulso de fuerza se desarrolla, en primer término, según una modalidad de trabajo excéntrico (de amortiguación), para convertirse después en trabajo activo, concéntrico (reimpulso del aparato). Primero los músculos se estiran de forma elástica (régimen excéntrico) y posteriormente comienzan a contraerse enérgicamente (régimen concéntrico). La intensificación que se demuestra en la fuerza explosiva debe garantizar la estimulación del sistema neuromuscular del deportista⁴².

2.9.1 Fisiología del trabajo muscular excéntrico y concéntrico

Las contracciones excéntricas se producen cuando el músculo se estira bajo tensión. El Órgano Tendinoso de Golgi (OTG) se encuentra ubicado a lo largo de la unión musculo-tendinosa a intervalos variables. A través de cada OTG pasa un pequeño manojito de fibras del tendón del músculo destinado a conectar a las fibras musculares. Esta disposición en serie, junto con un umbral muy bajo y una alta sensibilidad dinámica exhibida por las terminaciones

sensoriales, permite al OTG proporcionar el sistema nervioso central información sobre los cambios de tensión muscular. El OTG capta principalmente la señalización de la tensión muscular activa (tensión desarrollada durante la contracción) en lugar de una tensión pasiva (tensión muscular desarrollada durante el estiramiento inactivo)⁴⁶.

En las contracciones concéntricas las fibras musculares trabajan al unísono y se acortan¹. Los husos neuromusculares son los responsables de la transmisión de información con respecto a la longitud del músculo y la velocidad de los cambios en la longitud^{24,46}.

2.9.2 Implicancia de los Ejercicios Pliométricos en el Control Motor

La naturaleza dinámica del entrenamiento pliométrico coloca un gran énfasis en el movimiento controlado y la estabilidad articular. Es esta estabilidad que produce la capacidad de absorber con eficacia y liberar las salidas de alta energía generada durante los movimientos explosivos y rápidos⁷.

La habilidad de percibir las adaptaciones neuromusculares continuas positivas durante un programa de entrenamiento depende del principio de la sobrecarga progresiva y su aplicación adecuada. El principio de la sobrecarga progresiva en un programa de capacitación debe comenzar con énfasis en ambas piernas, avanzando a los movimientos de una sola pierna, así el equilibrio y el control propioceptivo se logra y se mantiene⁴⁷.

Al concentrarse en la utilización de un aterrizaje suave, donde se hizo hincapié en la flexión de las rodillas, la respuesta neuromuscular que genera la cooperación del Ciclo Estiramiento-Acortamiento y el Órgano Tendinoso de Golgi / complejo de retroalimentación neural aferente, un atleta es capaz de mejorar cuantitativamente la fuerza vertical y salidas de energía, el aumento efectivo de su capacidad para saltar más alto, cambiar de dirección rápidamente y ser más explosivo⁴⁷.

Para entender lo que ocurre a nivel muscular neurofisiológicamente, se explican dos elementos importantes en el mecanismo funcional que se utilizan en los ejercicios pliométricos, el Reflejo Miotático y el Miotático Inverso.

El Reflejo Miotático es un acto reflejo simple de protección provocada por una maniobra de elongación muscular, que conlleva a una respuesta de contracción muscular.⁵ La inervación sensitiva de los husos neuromusculares corre a cargo de dos tipos de fibras, denominadas primarias gruesas (tipo Ia) y secundarias finas (tipo II). Este cambio de elongación o longitud muscular es captado por las fibras intrafusales, el estímulo viaja hacia la médula, penetra a las astas posteriores y allí hace sinapsis con las neuronas motoras alfa de las fibras extrafusales del propio músculo, el cual precede el estímulo, provocando la contracción muscular^{4,24,46}.

Por otra parte, el Reflejo Miotático Inverso, ocurre cuando la intensidad del estiramiento sobre un tendón excede un determinado punto crítico, se produce un reflejo inmediato que inhibe a las neuronas motrices del asta anterior que inervan el músculo⁴. Las fibras Ib llevan el impulso de los órganos tendinosos de Golgi, que viajan hasta la médula, hacen sinapsis con una interneurona para inhibir a la neurona motora alfa del músculo homónimo, provocando una respuesta de relajación frente a un estiramiento intenso^{4,24,46}.

El control motor, incluso para tareas sencillas es un proceso plástico que se somete a constante revisión y modificación basada en la integración y el análisis de la información sensorial, comandos motores eferentes, y los

movimientos resultantes. La información propioceptiva derivada de los receptores articulares y musculares, juega un papel fundamental en este proceso. Subyacente a la ejecución, todas las tareas motoras son eventos particulares, a menudo muy sutiles, que tienen por objetivo preparar, mantener y restaurar la estabilidad en todo el cuerpo (la estabilidad postural) y en los segmentos (estabilidad de la articulación). Con respecto a la estabilidad de la articulación, estas acciones representan el control neuromuscular¹⁴.

Es crítico para el control motor la información precisa y eficaz sobre los sentidos frente a las condiciones ambientales externas e internas del cuerpo. Durante un comportamiento dirigido a metas, tales como recoger una caja al caminar, deben tomarse disposiciones para adaptar el programa motor para caminar en los cambios que ocurren en el ambiente externo (terreno irregular) y el medio ambiente interno (cambio en el centro de masa debido a la carga adicional). Estas disposiciones son estimuladas por factores desencadenantes sensoriales que ocurren tanto en la retroalimentación (detección de los mecanorreceptores de la superficie de apoyo alterado) y feedforward (previsión del centro de masa de cambio de la experiencia anterior)¹⁴.

Los cambios significativos identificados en los patrones de activación muscular después del entrenamiento pliométrico sugieren que las estrategias

de control motor pueden modificar y beneficiar la estabilidad de la articulación dinámica⁴⁸.

El entrenamiento pliométrico induce adaptaciones neuromusculares beneficiosas en los músculos aductores de la cadera que pueda ayudar a la estabilidad de la rodilla. La pre-activación del músculo aductor y la coactivación de aductores y abductores aumentaron después del entrenamiento pliométrico. Estas adaptaciones neuromusculares, en combinación con los anteriores datos cinemáticos y cinéticos, apoyan fuertemente el uso del entrenamiento pliométrico para mejorar la contención dinámica y la estabilidad funcional de la articulación de la rodilla²⁷.

Los entrenamientos pliométricos se caracterizan por trabajar la fuerza explosiva de las extremidades inferiores, pero además sugieren mejoras en las estrategias de control motor, beneficiando la estabilidad articular dinámica y funcionalidad de la rodilla, demostrando a su vez una reducción significativa de las lesiones graves de rodilla, incluyendo las del LCA, en deportes como el básquetbol^{19,46}.

2.9.3 Clasificación

Un aspecto fundamental de la selección de ejercicios pliométricos es la realización de una progresión de movimientos antes de intentar movimientos más complejos⁴⁹.

Se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Saltos sobre el mismo sitio: consisten en dar distintos saltos a distintas intensidades, sin moverse del sitio de acción.
- Saltos en pie sin carrera previa: Consiste en dar distintos saltos, con el fin de conseguir algún tipo de desplazamiento.
- Saltos múltiples: consisten en dar múltiples saltos en el sitio de acción o no.
- Saltos con caja: consiste en que ayudados por una caja, puedan aumentar el impulso y la exigencia del salto.
- Saltos con caída: consisten en saltos que entrenan el impulso y la amortiguación final del salto.
- Botar: consiste en ejercicios que combinan la coordinación de las extremidades, impulsos y saltos.

- Ejercicios con balón medicinal: consisten en ejercicios que con ayuda del balón medicinal, imitan la acción en el deporte respectivo¹⁹.

Los ejercicios más ocupados para la evaluación y entrenamiento de deportistas en la actualidad los podemos resumir en los siguientes: Salto Vertical Máximo, Salto Vertical Máximo llevando rodillas al pecho, Saltos Múltiples de lado a lado y de adelante hacia atrás^{19,24,43,50,51,52}.

Los ejercicios de Salto Vertical Máximo y Salto Vertical Máximo llevando rodillas al pecho corresponden a la clasificación de Saltos sobre el mismo sitio, son ejercicios de intensidad relativamente baja, aunque proporcionan un estímulo para desarrollar una fase de amortiguación más corta, exigiendo al atleta que rebote rápidamente después de cada salto. Y los ejercicios de Saltos Múltiples de lado a lado y de adelante hacia atrás corresponden a la clasificación de Saltos Múltiples, en donde el primero consiste en saltar por sobre un cono de lado a lado, y el segundo consiste en saltar por sobre un obstáculo (que puede ser un cono o una caja) de lado a lado o de adelante hacia atrás. Son ejercicios que exigen un esfuerzo máximo, y se realizan uno tras del otro lo más rápido posible⁵³.

3.- HIPÓTESIS

La aplicación de una pauta de ejercicios pliométricos y una pauta de estabilización modifican el equilibrio postural en jugadores de básquetbol varones, de entre 14 y 17 años de edad, pertenecientes al Club Unión Árabe de la Asociación de Valparaíso año 2011.

4.- OBJETIVO GENERAL

Determinar los efectos de la aplicación de una pauta de ejercicios pliométricos y un programa de estabilización, sobre el equilibrio postural en jugadores de básquetbol varones, de entre 14 y 17 años de edad, pertenecientes al Club Unión Árabe de Valparaíso año 2011.

5.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.- Evaluar el nivel de equilibrio postural de los jugadores de básquetbol varones, de entre 14 y 17 años, pertenecientes al Club Unión Árabe de Valparaíso año 2011.

2.- Aplicar una pauta de entrenamiento de ejercicios de estabilidad y otra de ejercicios pliométricos en los jugadores de básquetbol varones, de entre 14 y 17 años, pertenecientes al Club Unión Árabe de Valparaíso.

3.- Evaluar el nivel de equilibrio postural post aplicación de un programa de ejercicios de estabilidad y otro de ejercicios pliométricos en los jugadores de básquetbol varones, de entre 14 y 17 años, pertenecientes al Club Unión Árabe de Valparaíso.

4.- Comparar los efectos producidos entre una pauta de ejercicios de Estabilidad y otra de ejercicios Pliométricos en jugadores de básquetbol varones, de entre 14 y 17 años, pertenecientes al Club Unión Árabe de Valparaíso.

6.- MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Materiales

- 1.- Cinta Métrica de metal Marca Security: Para medición del largo de las piernas de los individuos, con el fin de descartar disimetría de piernas (criterio de exclusión) y para diseñar test de excursión de la estrella.
- 2.- Papel engomado: Marca las dimensiones y angulaciones que conforman la Prueba de Equilibrio con Desplazamiento en Estrella.
- 3.- Cronómetro Marca Casio Hs 70: Toma el tiempo en que debe realizarse cada ensayo y Prueba de Equilibrio con Desplazamiento en Estrella, además de la duración de cada ejercicio en los Grupos Polimétricos y Estabilidad.
- 4.- Conos: Utilizados en los ejercicios Pliométricos (14,5 cm de altura).
- 5.- Disco de Freeman: Para ejecutar ejercicios de estabilidad 40,6 centímetros de diámetro y una media esfera de 14,5 centímetros mandados a fabricar.³³
- 6.- Balones de básquetbol número 7: Necesarios para realizar algunos ejercicios en el Grupo Estabilidad.

7.- Cámara de video y fotográfica: Permite llevar registro de las mediciones y sesiones de entrenamiento efectuadas.

8.- Software informático SPSS 15.0: Análisis de datos.

9.- Notebook HP Pavilion: Para recolección de datos y desarrollo del estudio.

6.2 Metodología

6.2.1 Población

Compuesta por los jugadores del Club Unión Árabe de Básquetbol pertenecientes a la ciudad de Valparaíso.

Aquellos que formaron parte de nuestro estudio se sometieron a los Criterios de Inclusión y Exclusión.

6.2.1.1 Criterios de Inclusión:

(1) Tener entre 14 y 17 años.

(2) Ser jugador del Club Unión Árabe de la Asociación de Básquetbol de Valparaíso.

(3) Haber firmado el consentimiento informado.

6.2.1.2 Criterios de Exclusión:

- (1) Lesiones de las extremidades inferiores dentro de los 6 meses previos a la prueba.
- (2) Secuelas de conmociones cerebrales.
- (3) Trastornos vestibulares.
- (4) Infección o alteración del oído interno.
- (5) Infección respiratoria de la vía superior.
- (6) Entrenamiento previo del equilibrio con ejercicios del tipo neuromuscular.
- (7) Que posean una disimetría entre sus extremidades mayor a 6 mm^{39,40,54}.

6.2.2 Muestra

Está constituida por varones pertenecientes al Club Unión Árabe de Básquetbol de la ciudad de Valparaíso que posean entre 14 y 17 años.

6.2.3 Diseño

Se trata de un método de investigación cuasi-experimental y longitudinal. La muestra está determinada previamente por conveniencia y, de acuerdo a ella, se realizó la asignación de grupos de forma aleatoria, por medio de tómbola.

6.2.4 Lugar de Investigación

Este estudio se realizó en el Club Unión Árabe de Básquetbol de Valparaíso, con jugadores varones que tengan entre 14 y 17 años. La investigación se llevó a cabo entre los meses de Julio y Octubre del año 2011.

6.2.5 Procedimiento

Para este estudio la muestra se dividió en tres grupos. Al Grupo “Estabilidad” (GE) se le aplicó una pauta de ejercicios de estabilidad; Grupo “Pliométricos” (GP) que se le aplicó una pauta de ejercicios pliométricos, y el Grupo “Control” (GC) que no se le realizó intervención. Los tres grupos continuaron con su entrenamiento habitual de Básquetbol.

Para observar si existieron cambios en el equilibrio postural, se empleó la Prueba de Equilibrio con Desplazamiento en Estrella, la cual se midió de forma previa y posterior a la aplicación de las pautas de ejercicios.

6.2.5.1 Prueba de Equilibrio con Desplazamiento en Estrella

Esta prueba consiste en llegar lo más lejos posible con una pierna, sobre un dibujo en el suelo de ocho líneas, cada una de 120 cm. de longitud que se extiende desde un punto común en ángulos de 45 grados²³. Las líneas son etiquetadas de acuerdo a la dirección que poseen en relación a la postura del cuerpo: anterolateral (AL), anterior (A), anteromedial (AM), medial (M),

posteromedial (PM), posterior (P), posterolateral (PL) y lateral (L)^{39,54}. (Figura 1). (Ver anexo 1)

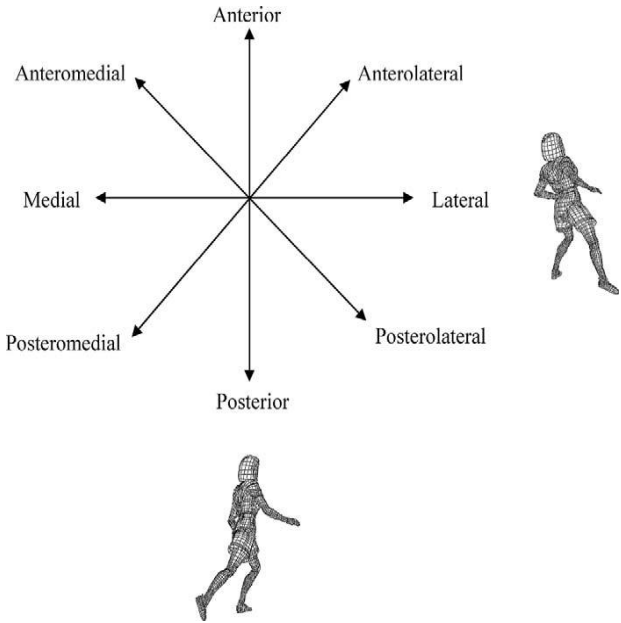


Figura 2. Direcciones de la PEDE³⁹.

6.2.5.3 Ejercicios Pliométricos

El protocolo de ejercicios pliométricos aplicado constó de 5 fases. Los entrenamientos se realizaron 2 veces por semana con una duración total de 9 semanas (18 sesiones de entrenamiento en total). Las fases 1 y 2 constaban de 3 sesiones de ejercicios cada una, mientras que para la 3,4 y 5 se efectuaron 4 sesiones respectivamente para cada una.

Al completar 20 repeticiones se realizaba un descanso de 1 minuto, para luego continuar con la siguiente serie. La duración total del entrenamiento no sobrepasaba los 5 minutos.^{24,51,55,56}(Ver anexo 2).

6.2.5.2 Ejercicio de Estabilidad

El protocolo de ejercicios de estabilidad aplicado constó de 5 fases. Los entrenamientos (al igual que el grupo anterior) se realizaron 2 veces por semana con una duración total de 9 semanas (18 sesiones de entrenamiento en total). Las fases 1 y 2 constaron de 3 sesiones de ejercicios cada una, mientras que para las fases 3,4 y 5 se efectuaron 4 sesiones de ejercicios. En todas las

fases, cada ejercicio se llevó a cabo durante 30 segundos, y las piernas se alternaron durante un intervalo de descanso de 30 segundos, previamente se les hizo una demostración del ejercicio solicitado³³.

Las pautas de ejercicios en los dos grupos experimentales se aplicaron siempre después del entrenamiento que les impartía el club. (Ver anexo 3).

6.2.6 Diseño Experimental

GC	O ₁	(-)	O ₂
GP	O ₃	X _P	O ₄
GE	O ₅	X _E	O ₆

(GC) Grupo Control: Grupo al que no se le aplica entrenamiento especial.

(GP) Grupo Pliométrico: Grupo que realiza entrenamiento con pauta de ejercicios pliométricos.

(GE) Grupo Estabilidad: Grupo que realiza entrenamiento con pauta de ejercicios de estabilidad.

O₁₋₆: Mediciones del equilibrio postural por medio de la Prueba de Equilibrio con Desplazamiento en Estrella

(-): Sin intervención.

X_P: Entrenamiento con pauta de ejercicios pliométricos.

X_E: Entrenamiento con ejercicios de estabilidad.

6.2.7 Flujograma

Nuestro estudio se desarrolló en el Club Unión Árabe de Básquetbol de la Asociación de Valparaíso, en las categorías sub 15 y sub 17 luego de que los individuos pasaran los criterios de inclusión y exclusión e hicieran entrega del consentimiento informado correspondiente. Con los jóvenes que cumplieron los pasos ya señalados se realizó la separación de los grupos estudio. (Figura 3).

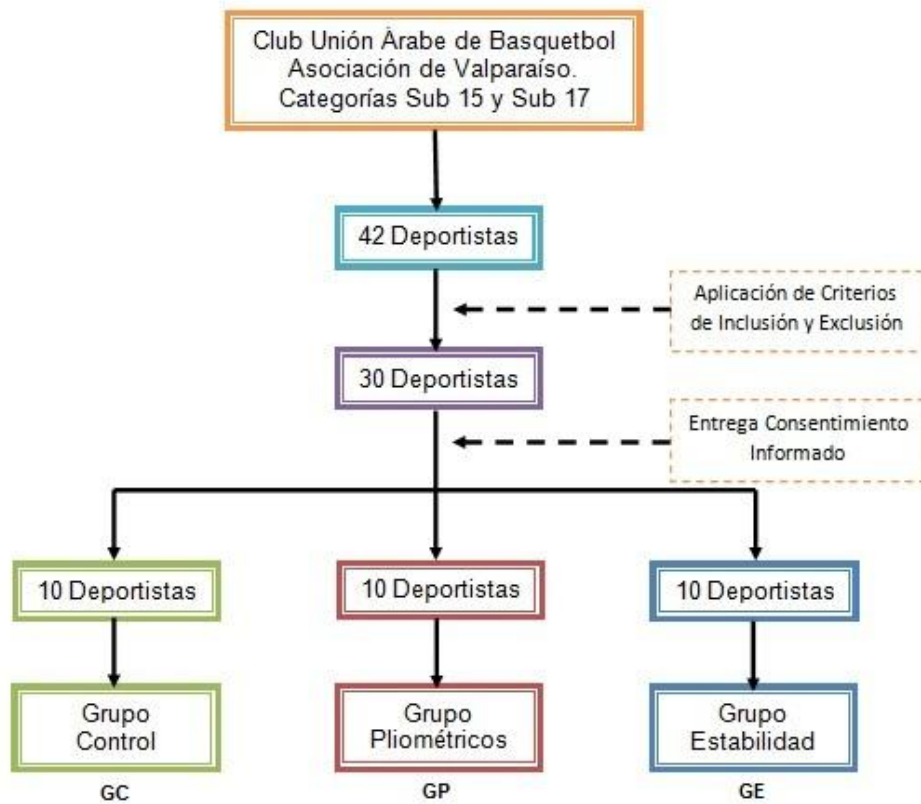


Figura 3. Flujograma de división de la muestra.

Una vez que los grupos estuvieron divididos se midió a todos los participantes por medio de la Prueba de Equilibrio con Desplazamiento en Estrella, realizando luego la intervención con los entrenamientos específicos para los grupos experimentales. Se finalizó con una nueva medición de la prueba de equilibrio postural para los tres grupos involucrados. (Figura 4).

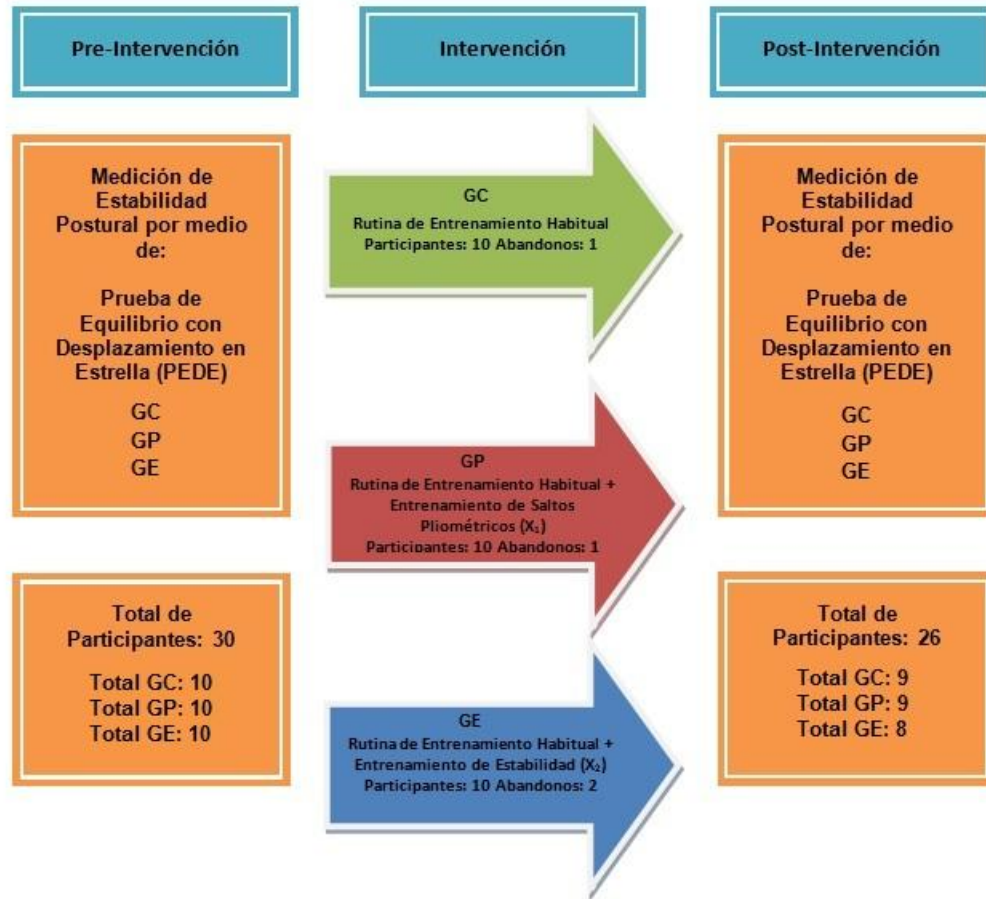


Figura 4. Flujograma que indica procedimiento de investigación.

7. – ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para analizar los resultados, se utilizó Excel 2007 y el programa estadístico SPSS 15.0.

Se realizaron estadísticas descriptivas con el fin de visualizar tendencias en la muestra en estudio, debido a que las variables son de carácter cuantitativa, las estadísticas descriptivas a utilizar son la media y la desviación estándar, además de conocer su valor máximo y mínimo. El análisis descriptivo fue realizado con los valores obtenidos en el Test de Desplazamiento en estrella (PEDE) para los Grupos: Control (GC), de Ejercicios Pliométricos (GP) y Estabilidad (GE), tanto de forma previa y posterior a la aplicación de la pauta de ejercicios en los grupos 2 y 3, y en el mismo lapso de tiempo para el grupo no intervenido (comparación con muestras pareadas), donde además, estos valores fueron tomados diferenciando el pie de apoyo derecho e izquierdo.

Luego para responder a los objetivos propuestos, en primera instancia se procedió a realizar el Test de Shapiro-Wilk. Una vez realizado el Test, dio como

resultado que los datos provienen de una distribución normal, por lo cual al cumplir con los criterios, la estadística a utilizar para los resultados obtenidos es el T – de Student.

En primer lugar, se realizaron gráficos de medias, para ver tendencias descriptivamente, luego se realizó la prueba T- de Student , el cual parte de la hipótesis de que las medias de ambos grupos son iguales.

Finalmente también se buscó determinar la existencia de diferencias entre el Grupo Control- Estabilidad, y Grupo Control- Pliométrico. Se establece que existe diferencia significativa cuando $P < 0,05$.

8. - RESULTADOS

Los veintiséis sujetos que completaron el entrenamiento cumplieron con el 80% de asistencia mínima.

En este capítulo se hará entrega de la información correspondiente a los resultados obtenidos en nuestro estudio, con el propósito de lograr responder a la hipótesis y los objetivos propuestos.

A continuación se presentan las estadísticas descriptivas con el fin de visualizar tendencias en las variables de estudio, las cuales son: media, valor máximo, valor mínimo y desviación estándar. Cabe resaltar que estos datos entregados están normalizados y sólo nos dan una orientación acerca del comportamiento de nuestro grupo estudio, pero que no permite ser concluyente al respecto.

Para visualizar los resultados de forma más detallada con respecto a la estadística descriptiva, se sugiere revisar el Anexo 4, donde se encuentran las tablas de estadística descriptiva (TED) correspondientes a cada grupo estudio.

Grupo Control (GC)

Las diferencias entre los promedios de las dos mediciones realizadas (en el mismo tiempo que los grupos intervenidos), fueron positivas para todas las trayectorias, eso quiere decir que bajo esta descripción, hubo una tendencia a aumentar la distancia alcanzada en el paso del tiempo que duró este estudio, esto ocurrió con el pie derecho apoyado (TED 1 Anexo – Gráfico 1), en donde la dirección que observa una menor desviación estándar es M (2,9 cm) y la que posee una mayor desviación estándar es PM (7,8 cm). Mientras que para el pie izquierdo el comportamiento fue similar, excepto para la dirección AL en que el rendimiento en promedio disminuyó (Gráfico 2). La dirección que posee una menor desviación estándar es A (4,1 cm) y la que posee una mayor desviación estándar es M (12,7 cm). (Anexos TED 2 – TED 4).

Para el Grupo Control con el Pie Derecho Apoyado en la dirección AL la longitud alcanzada en promedio Pre Evaluación PEDE fue de 74,5 cm. y Post

Evaluación fue de 77,7 cm. Mientras que con el Pie Izquierdo Apoyado el promedio Pre Evaluación fue de 77,9 cm. y Post Evaluación fue de 77,1 cm. (Anexos TED 1 - TED 3).

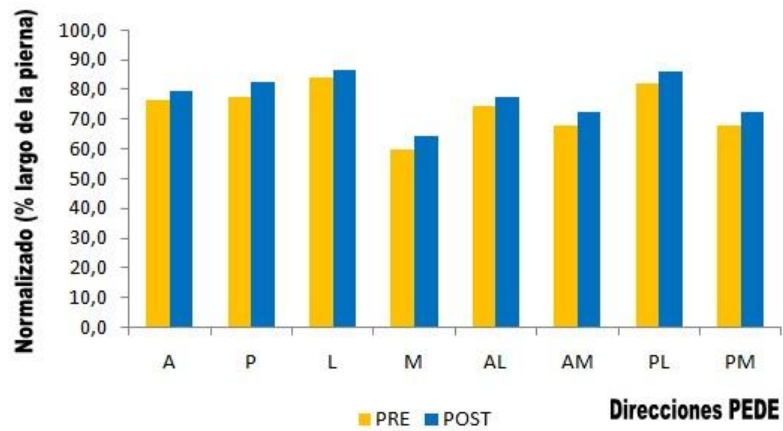


Gráfico 1: Medias Pre y Post Evaluación PEDE Grupo Control (Pie de Apoyo Derecho)

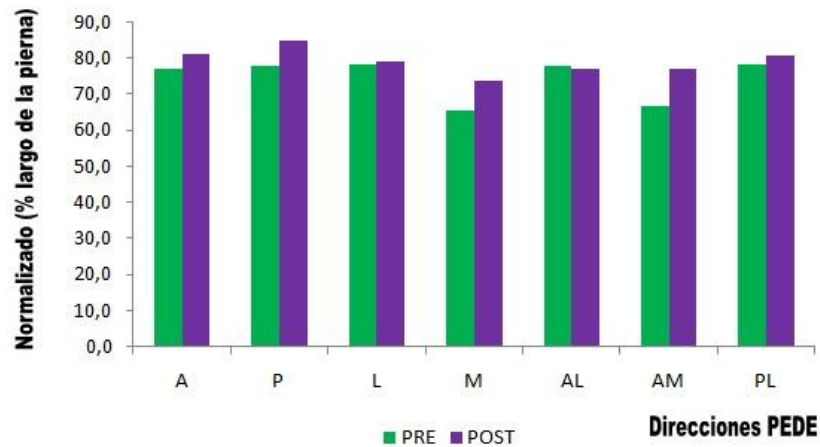


Gráfico 2: Medias Pre y Post Evaluación PEDE Grupo Control (Pie de Apoyo Izquierdo)

Grupo Pliométrico (GP)

Con el pie derecho en apoyo, en cinco de los ocho desplazamientos hubo diferencias positivas por lo que la distancia alcanzada mejoró post intervención, mientras que para las direcciones A, AL y AM hubo un retroceso en los cm. logrados en promedio luego se sometieron al entrenamiento Pliométrico. (TED 5 Anexo – Gráfico 3). La dirección que observa una menor desviación estándar es PL (6,3 cm) y la que posee una mayor desviación estándar es M (13,3 cm) (Anexo TED 6). Con el apoyo izquierdo la tendencia fue la misma (cinco con diferencia positiva), sólo cambiaron las direcciones en cuestión (promedio negativo después de la pauta de entrenamiento para L, AL, y PL). (TED 7 Anexo – Gráfico 4). La dirección A es la que obtiene una menor desviación estándar (7,3 cm) y la que posee una mayor desviación estándar es la dirección AL (13,1 cm). (Anexo TED 8).

Con el Pie Derecho de Apoyo el desplazamiento que obtuvo la diferencia positiva mas optima (como promedio) fue PL (Pre: 83,3 cm – Post: 98,6 cm), y con el Pie Izquierdo de Apoyo fue la dirección M (Pre: 67,4 cm – Post: 88,4 cm). (Anexos TED 5 – TED 7).

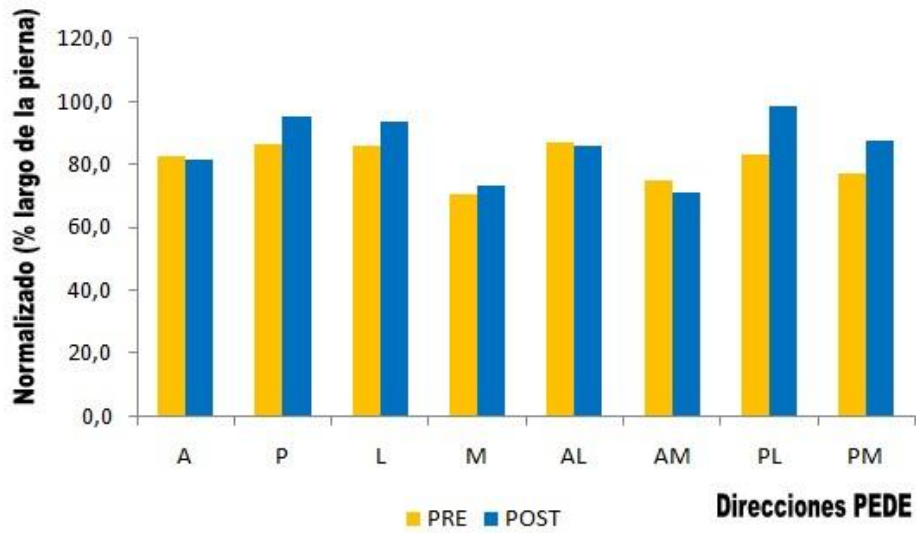


Gráfico 3: Medias Pre y Post Evaluación PEDE Grupo Pliométrico (Pie de Apoyo Derecho)

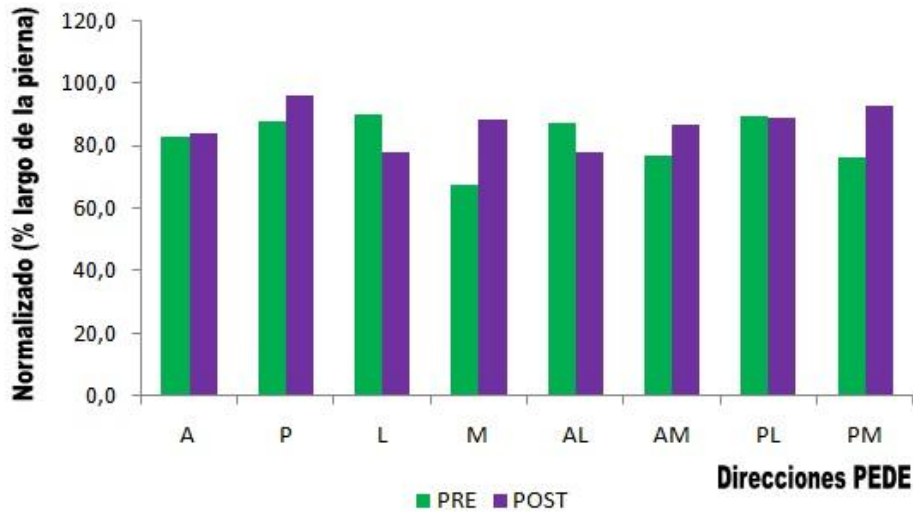


Gráfico 4: Medias Pre y Post Evaluación PEDE Grupo Pliométrico (Pie de Apoyo Izquierdo)

Grupo Estabilidad (GE)

En este grupo experimental se logra visualizar que para todas las direcciones que comprenden la Prueba de Equilibrio con Desplazamiento en Estrella se obtuvieron aumentos en los cm obtenidos en promedio luego de la intervención, con el pie derecho apoyado (TED 9 Anexo – Gráfico 5). La dirección que observa una menor desviación estándar es A (9,0 cm) y la que posee una mayor desviación estándar es PL (15,2 cm) (Anexo Tabla 10). Al realizar el apoyo con la extremidad contralateral, en seis de los ocho desplazamientos hubo diferencias positivas, mientras que en L y AL se obtuvo la tendencia contraria (TED 11 Anexo – Gráfico 6). La dirección que observa una menor desviación estándar es A (7,6 cm) y la que observa una mayor desviación estándar es L (15,7 cm). (Anexo TED 12).

La dirección que obtuvo más centímetros alcanzados con el Pie Derecho Apoyado fue P (como promedio) Pre Evaluación PEDE 78,5 cm y Post Evolución 103,6 cm. Para el Pie Izquierdo fue M (Pre Evaluación: 65,3 cm – Post Evaluación: 93,1 cm) (Anexos TED 9 – TED 11).

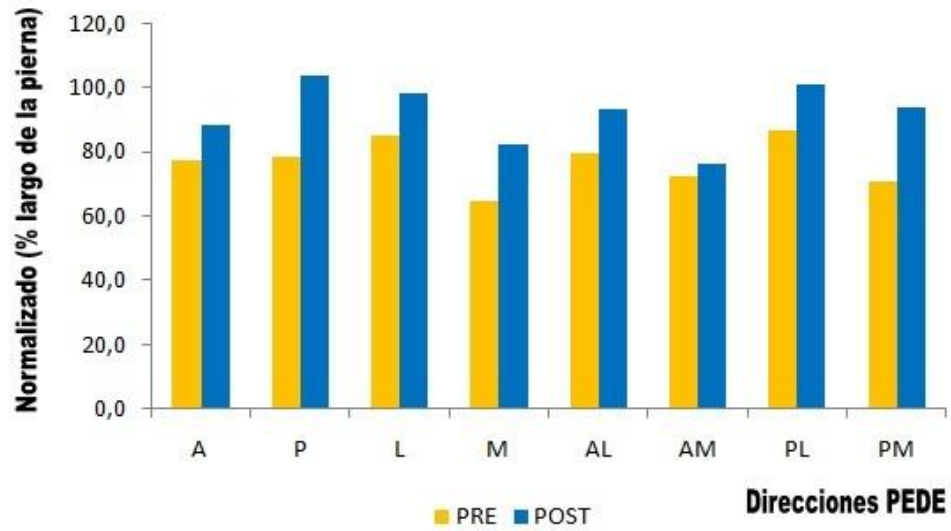


Gráfico 5: Medias Pre y Post Evaluación PEDE Grupo Estabilidad (Pie de Apoyo Derecho)

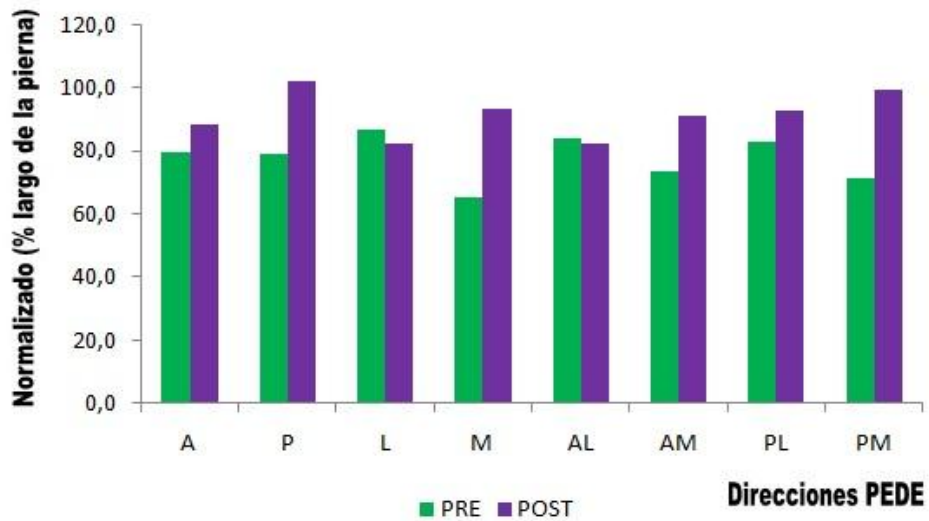


Gráfico 6: Medias Pre y Post Evaluación PEDE Grupo Estabilidad (Pie de Apoyo Izquierdo)

Ahora se presentan los resultados obtenidos luego de la aplicación de T-de Student, en donde todas las diferencias señaladas son significativas con un valor $P < 0,05$.

Grupo Control (GC)

En el grupo control no existe diferencia entre las dos mediciones tomadas con apoyo en el pie derecho (Tabla 1), mientras que para el izquierdo el rendimiento de la prueba PEDE sólo aumentó en dos desplazamientos (AM y PM) de ocho posibles. (Tabla 2).

Grupo Pliométrico (GP)

Los efectos positivos sobre el equilibrio postural en el grupo de ejercicios Pliométricos entre Pre y Post aplicación de estos, se dieron en los desplazamientos P, PL y PM con el pie de apoyo derecho (Tabla 1) y para M, AL, AM y PM con el izquierdo (Tabla 2), teniéndose en común el aumento sólo para PM.

Grupo Estabilidad (GE)

Hay presencia de aumento del equilibrio postural medido por la PEDE, luego de la aplicación de una pauta de ejercicios de Estabilidad en las siguientes direcciones: A, P, L, M, AL, PL y PM (pie de apoyo derecho) (Tabla 1); y para P, M, AM, PL y PM (pie de apoyo izquierdo) (Tabla 2), siendo balances positivos en común para las dos extremidades, las direcciones P, M, PL y PM.

En los dos grupos intervenidos (GP y GE) se produjeron aumentos en el rendimiento de la PEDE para los desplazamientos P, PL y PM, con el pie derecho apoyado. Para el pie izquierdo de apoyo, AM y PM repitieron en los tres grupos sus crecimientos, mientras que en M se evidenció en los grupos “Estabilidad” y “Pliométricos”.

Pie de Apoyo Derecho	A	P	L	M	AL	AM	PL	PM
	Valor p							
Pre - Post Estabilidad	0,026	0	0,029	0,049	0,013	0,447	0,007	0
Pre- Post Pliométrico	0,834	0,049	0,111	0,594	0,786	0,426	0,001	0,003
Pre- Post Control	0,324	0,24	0,415	0,4	0,427	0,265	0,335	0,38

Tabla 1: Comparación Pre y Post Aplicación PEDE GC, GP, GE Pie de apoyo Derecho ($p < 0,05$)

Pie de Apoyo Izquierdo	A	P	L	M	AL	AM	PL	PM
	Valor p							
Pre - Post Estabilidad	0,064	0	0,455	0,002	0,75	0,01	0,017	0
Pre- Post Pliométrico	0,629	0,198	0,081	0,013	0,039	0,024	0,954	0,017
Pre- Post Control	0,106	0,105	0,942	0,234	0,881	0,037	0,533	0,049

Tabla 2: Comparación Pre y Post Aplicación PEDE GC, GP, GE Pie de apoyo Izquierdo ($p < 0,05$)

Ya se tienen los resultados para cada grupo de forma individual, pero para poder determinar que los beneficios obtenidos son reales, y no propios del paso del tiempo o el entrenamiento habitual, es que se debe hacer la comparación con el grupo que no fue intervenido (Grupo Control).

A continuación se detallan los principales resultados arrojados luego de comparar al grupo control con el Grupo Pliométrico y de Estabilidad.

Diferencias Pliométrico – Grupo Control

Al realizar la comparación entre estos dos grupos, se obtuvieron mejoras luego de la pauta de ejercicios Pliométricos en la PEDE en la trayectoria PL con el pie derecho apoyado y en M con el izquierdo, en otras palabras el equilibrio postural aumentó sólo en un desplazamiento para cada pie. (Gráfico 7 - Tabla 3/ Gráfico 8 - Tabla 4)

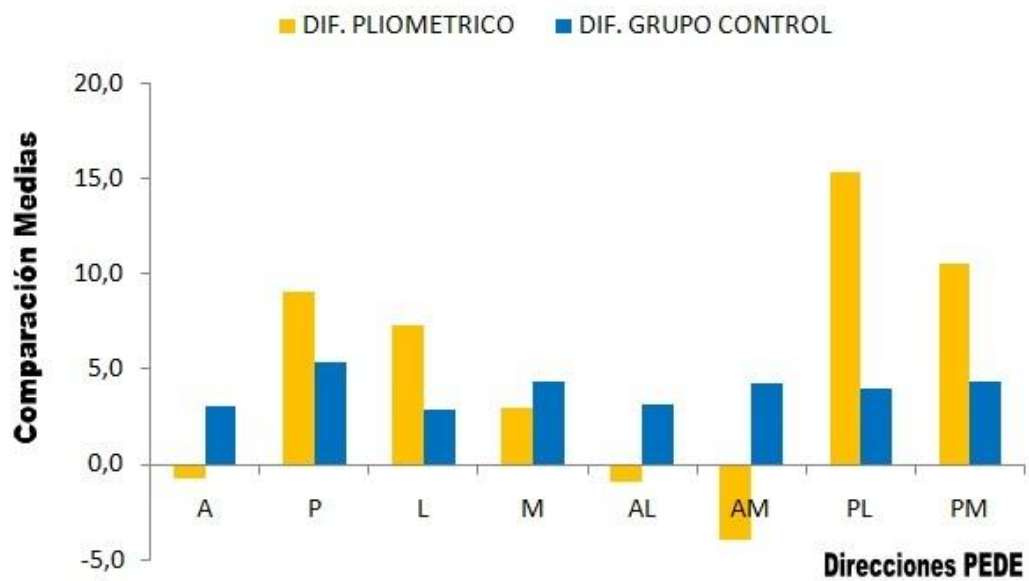


Gráfico 7: Comparación de Medias Pre y Post Evaluación PEDE GP y GC (Pie de Apoyo Derecho)

Pie de Apoyo Derecho	A	P	L	M	AL	AM	PL	PM
	Valor p							
Pliométrico - Grupo Control	0,196	0,219	0,309	0,762	0,259	0,01	0	0,095

Tabla 3: Comparación Medias Pre y Post Evaluación PEDE GP y GC Pie de apoyo Derecho ($p < 0,05$)

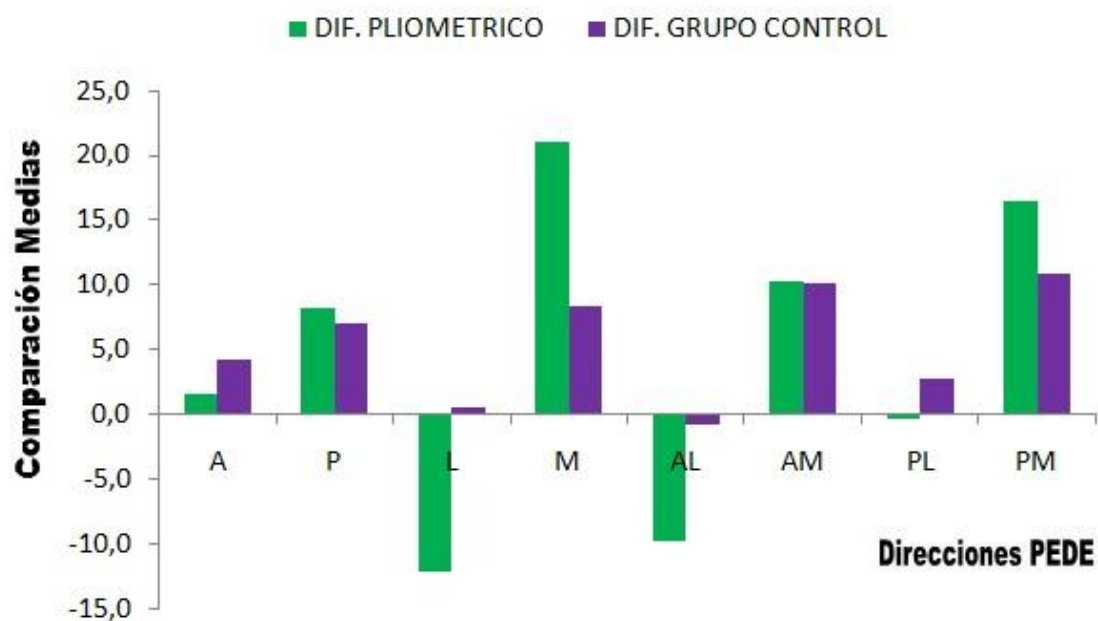


Gráfico 8: Comparación de Medias Pre y Post Evaluación PEDE GP y GC (Pie de Apoyo Izquierdo)

Pie de Apoyo Izquierdo	A	P	L	M	AL	AM	PL	PM
	Valor p							
Pliométrico - Grupo Control	0,358	0,77	0,065	0,049	0,095	0,98	0,361	0,249

Tabla 4: Comparación Medias Pre y Post Evaluación PEDE GP y GC Pie de apoyo Izquierdo ($p < 0,05$)

Diferencias Estabilidad – Grupo Control

Se hallaron mejoras del equilibrio postural en el Grupo de Estabilidad en las direcciones A, P, L, M, AL, PL y PM (siete de ocho posibles) para el pie derecho en apoyo (Gráfico 9 – Tabla 5) y en los desplazamientos P, M, y PM para el izquierdo. (Gráfico 10 – Tabla 6).

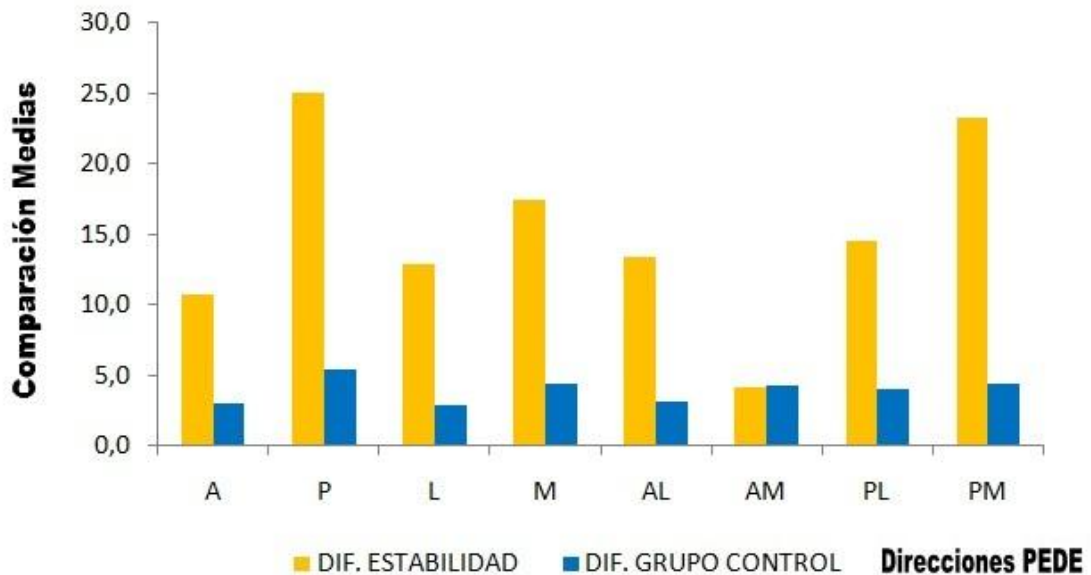


Gráfico 9: Comparación de Medias Pre y Post Evaluación PEDE GE y GC (Pie de Apoyo Derecho)

Pie de Apoyo Derecho	A	P	L	M	AL	AM	PL	PM
	Valor p							
Estabilidad - Grupo Control	0,036	0	0,05	0,002	0,026	0,965	0,064	0,003

Tabla 5: Comparación Medias Pre y Post Evaluación PEDE GE y GC Pie de apoyo Derecho ($p < 0,05$)

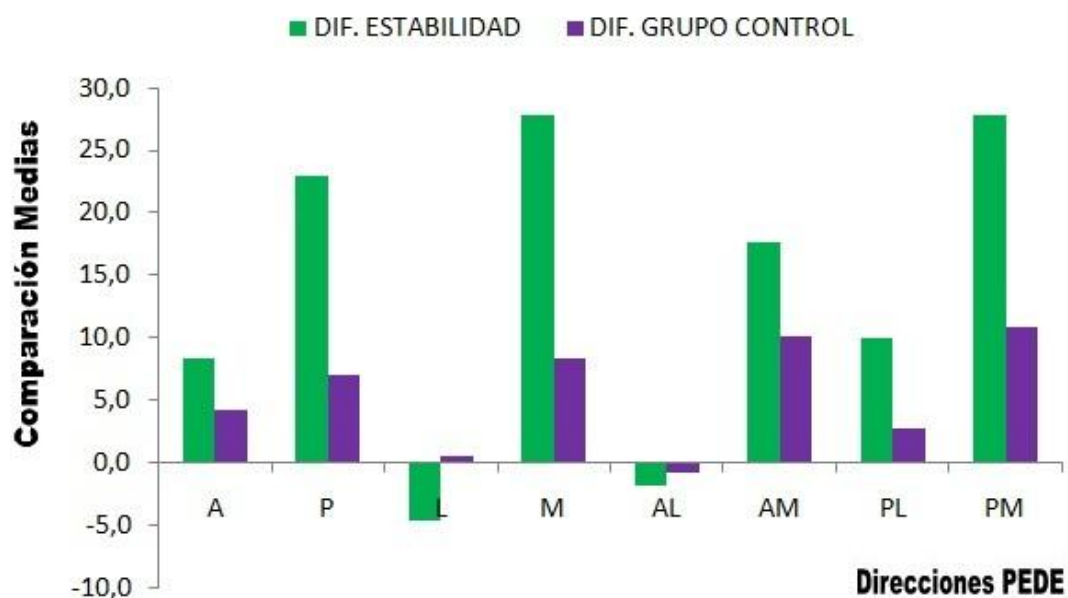


Gráfico 10: Comparación de Medias Pre y Post Evaluación PEDE GE y GC (Pie de Apoyo Izquierdo)

Pie de Apoyo Izquierdo	A	P	L	M	AL	AM	PL	PM
	Valor p							
Estabilidad - Grupo Control	0,165	0,006	0,434	0,012	0,811	0,157	0,142	0,011

Tabla 6: Comparación Medias Pre y Post Evaluación PEDE GE y GC Pie de apoyo Izquierdo ($p < 0,05$)

9.- DISCUSIÓN

Nuestros resultados se dividen en las variaciones obtenidas en la PEDE para los dos grupos experimentales luego de la aplicación de las pautas de entrenamiento ya señaladas con anterioridad; además estos dependerán de la extremidad analizada, si esta es la dominante o no.

De este estudio, 24 de los 26 participantes terminaron el estudio (92,3%), siendo su extremidad inferior derecha la dominante.

La PEDE es una prueba clínica válida y confiable que nos permite medir el equilibrio dinámico, requiere de poca implementación y es de fácil aplicación, por lo que fue muy conveniente de emplear^{38,40}.

Los entrenamientos fueron desarrollados sin mayores inconvenientes no ocurriendo algún tipo de lesión o accidente en su ejecución.

Los resultados se basaron en el aumento de la distancia alcanzada para las ocho trayectorias de la PEDE, evidenciando mejoras en el equilibrio dinámico y a qué grupo corresponden estas; pudiendo determinar si es más recomendable uno con respecto al otro, para incorporarlo al entrenamiento habitual del equipo de básquetbol en cuestión, y en un futuro próximo para otros clubes o en otros deportes.

Nuestra intervención arrojó que luego de aplicar una pauta de estabilidad, hubo mejoras en el equilibrio postural para el pie derecho en prácticamente todas las direcciones evaluadas (siete de ocho), y para el pie izquierdo en cinco de éstas, por lo que sería beneficioso como un método de entrenamiento de esta capacidad, en especial para el pie derecho.

Cabe resaltar que el total de los individuos que terminaron el estudio, dentro de este grupo, eran diestros.

Myer y cols. (2006), realizaron un estudio en el cual se aplicó un protocolo de ejercicios de estabilidad similar al utilizado en la presente intervención. Este indicó que los ejercicios de balance son efectivos para incrementar la capacidad de control neuromuscular en las extremidades

inferiores, así como la disminución en la diferencia de dominancia de la pierna. Es importante considerar que el grupo a tratar estaba constituido por mujeres atletas⁵⁵.

Las mayores distancias alcanzadas por el pie dominante, pueden tener su explicación en el hecho que este pie posee de base un mayor equilibrio teniendo más capacidad para estas labores, permitiendo obtener más beneficios en un menor lapso de tiempo si es entrenado, siendo llamado incluso el “pie dinámico”. El pie que no posee la dominancia en una prueba de equilibrio dinámico como la PEDE debe ejecutar mayores cargas de peso como compensación para lograr mantener la posición del cuerpo en comparación a la contralateral, por lo que la habilidad debe ser más entrenada. Se expone que en el transcurso del tiempo siguiendo con el entrenamiento estos valores se podrían equilibrar.⁵⁷

Las direcciones en que aumentó significativamente la distancia para ambos pies fueron P, PL y PM. Estas similitudes en el aumento del equilibrio dinámico se correlacionan con un estudio realizado por Filipa y cols. (2010), donde se realizó una pauta de Ejercicios de Control Neuromuscular combinando ejercicios de Estabilidad, Pliométricos y Fuerza, identificando una mejora significativa de la PEDE en la dirección posterolateral tanto en el

miembro inferior derecho e izquierdo y en la dirección posteromedial de la pierna izquierda en el grupo experimental.⁵⁸

Mientras tanto, las mejoras del equilibrio postural en nuestro estudio, no fueron tan categóricas en el grupo Pliométrico, ya que aumentó la distancia en tres de las ocho trayectorias para el pie derecho y cuatro para el izquierdo; sí se podría deducir que este tipo de ejercicios no afecta mayormente de acuerdo al pie dominante.

Un elemento que pudo haber influenciado en que las mejoras no fueran tan evidentes fue el tiempo de duración de cada sesión del entrenamiento pliométrico y la frecuencia con que estos se realizaban, ya que Myer y cols. (2006), aplicaron un entrenamiento de ejercicios pliométricos 3 veces a la semana por 7 semanas y de 90 minutos por sesión, teniendo resultados estadísticamente significativos en relación a mejoras en la estabilidad dinámica⁵⁵.

El grupo control, como era de esperarse, luego de nuestra intervención, no obtuvo mejoras en las distancias alcanzadas (salvo en dos direcciones para el pie izquierdo), ya que no se hizo un trabajo específico en ellos que pudiese

desarrollar el equilibrio postural. La tendencia a mejorar se puede deber al hecho de practicar básquetbol, en el cual, de alguna u otra forma se trabaja el Control Motor con distintas habilidades (saltos, aterrizaje y cambios de dirección)³⁰.

Para poder determinar con certeza que las pautas aplicadas tienen efectos positivos sobre el equilibrio en los jóvenes, estas deben ser comparadas con el grupo que no hizo algún entrenamiento especial (Grupo Control), ya que de otra forma estas mejoras podrían atribuirse a otros factores y no a los ejercicios en sí.

El aumento del equilibrio postural obtenido en el Grupo Estabilidad se mantiene al compararlo con el Grupo Control en el pie derecho, mientras que en el pie izquierdo el aumento fue en 3 direcciones, lo que reafirma que el aumento del equilibrio postural es mérito del entrenamiento realizado.

Filipa y cols. (2010), efectuaron un estudio en donde después de participar en una Pauta de Entrenamiento Neuromuscular, los sujetos demostraron una mejoría significativa en el puntaje de PEDE en la extremidad derecha y en la extremidad izquierda. Por lo tanto, las jugadoras de fútbol

femenino demostraron un mejor desempeño en la PEDE después una Pauta de Entrenamiento Neuromuscular que se centró en la estabilidad y la fuerza de las extremidades inferiores⁵⁹.

McLeod y cols. (2009), ejecutaron un estudio en donde los sujetos participaron en un Programa de Entrenamiento Neuromuscular de 6 semanas que incluía ejercicios pliométricos, fortalecimiento funcional, equilibrio y ejercicios de estabilidad con balón. Los autores encontraron mejoras en las direcciones: laterales, anteromedial, medial y posterior del grupo entrenado en el post-test en comparación con el grupo control con la PEDE. Por lo que este estudio demuestra que un programa de entrenamiento neuromuscular, puede aumentar el equilibrio y la capacidad propioceptiva de las jugadoras de baloncesto y que las medidas de equilibrio clínicos son sensibles para detectar estas diferencias⁴⁰.

Existen estudios que respaldan el uso del Entrenamiento Neuromuscular por el impacto sobre los estabilizadores estáticos y dinámicos del miembro inferior. Al entrenamiento neuromuscular se le atribuye la disminución de la magnitud de los momentos de aducción y abducción de la rodilla y la mejora de la fuerza del tendón del cuádriceps, también se habla sobre una mayor influencia sobre la musculatura del tobillo, ya que es la más cercana al suelo y

la que recibe más carga⁵⁹. En el trabajo realizado por Osborne y cols. (2000) con entrenamiento de discos de Freeman, se midieron electromiográficamente las variaciones de la musculatura de tobillo, encontrando que el músculo tibial anterior aumentó su actividad post intervención⁵⁹, este tipo de ejercicios fueron incluidos en nuestra pauta. También se hacen atribuciones a una mejora en la contracción de la musculatura de esta articulación en el estudio hecho por Shet y cols. (1997), que evita mecanismos de inversión forzados haciéndolo más estable⁶⁰.

Por el contrario, los ejercicios Pliométricos sólo provocaron mejoras en una dirección para cada pie en comparación al control, lo que nos deja pocas posibilidades de poder recomendar estos ejercicios, al menos de forma exclusiva para efectos de equilibrio dinámico, por lo que se señala medir otras variables (altura de salto vertical, estrategias de activación muscular, disminución de índice de lesiones, etc) sobre las que sí pudiesen tener mayor valoración, o combinarlos con otros ejercicios, como los hechos por McLeod y cols. (2009), Eils y Rosebaum (2001), Myer y cols. (2006), que si revelaron mejoras^{40,61,55}. Se sugiere para estudios futuros aplicarlos en otros deportes en el que los saltos no sean un trabajo habitual.

Como se nombró anteriormente, alteraciones del equilibrio, ya sea estático o dinámico se asocian a un mayor riesgo de lesiones, es por ello que el aplicar especialmente una pauta de estabilidad puede disminuir su incidencia o utilizarse como un método de prevención^{33,44,45,60}.

Vanmeerhaeghe y cols., utilizaron el método de Terapia Reequilibradora del Aparato Locomotor (TRAL), el cual es un método de recuperación funcional dinámica que se basa en la percepción de la postura corporal a través del movimiento y los cambios de posición del centro de gravedad. En este estudio hubo una clara tendencia a la disminución de lesiones deportivas, de tobillo y rodilla, tanto en niños como en niñas después del entrenamiento con TRAL. La mejora de la incidencia de las lesiones deportivas desde un punto cuantitativo mediante la TRAL es superior al 50%⁴³.

Al seguir con esta línea de investigación se puede determinar de forma fehaciente y significativa que se reduce la incidencia de esguince de tobillo en deportistas sin una historia de esguince o reducir los esguinces de ligamentos en la rodilla y otras articulaciones de las extremidades inferiores en atletas en edad escolar³³.

También se han encontrado efectos de los ejercicios pliométricos en relación con las lesiones, en donde han mejorado la estabilidad mediolateral de rodilla, además de la altura vertical del salto²⁹. Conjuntamente con ejercicios de fortalecimiento funcional se detectaron mejoras en el equilibrio estático y dinámico⁵⁰.

Los cambios identificados en los patrones de activación muscular después del entrenamiento pliométrico sugieren que las estrategias de control motor pueden modificar y beneficiar a la estabilidad articular dinámica”, Chimera y cols., afirman que el entrenamiento pliométrico mejora la estabilidad dinámica de la articulación de rodilla, aunque el rendimiento funcional no mejora significativamente^{51,52}.

Los resultados de este proyecto no se pueden traspasar a la disciplina en general; primero que todo, se trabajó con un club, además nuestra intervención se complementó a su trabajo habitual, y hay que considerar que existen diferentes tipos de entrenadores, cada uno con su distintas metodologías de trabajo, al mismo tiempo, existen distintos protocolos para los ejercicios realizados que pudiesen influenciar en los resultados obtenidos.

10.- CONCLUSIONES

La pauta de Ejercicios de Estabilidad aplicada es efectiva como medio para aumentar el equilibrio postural en adolescentes varones deportistas que practican básquetbol.

Con respecto a los Ejercicios Pliométricos, estos reflejaron mínimas mejoras en el rendimiento de la prueba utilizada para evaluar el equilibrio, en comparación al grupo control.

Por lo tanto, se recomienda la utilización de la pauta de Ejercicios de Estabilidad a diferencia de una de Ejercicios Pliométricos, para el trabajo sobre el equilibrio postural en la disciplina del básquetbol.

12. REFERENCIAS

¹ Bohdanna T. Zazulak, Timothy E. Hewett, N. Peter Reeves, Barry Goldberg and Jacek Cholewicki. Deficits in Neuromuscular Control of the Trunk Predict Knee Injury Risk: A Prospective Biomechanical-Epidemiologic Study. *Am. J. Sports Med.* 2007; 35.

² Emery C, Meeuwisse W. The effectiveness of a neuromuscular prevention strategy to reduce injuries in youth soccer a cluster-randomised controlled trial. *Br J Sports Med* 2010; 44:555–562

³ Paterno M, Schmitt L, Ford K, Rauh M, Myer G, Huang B, Hewett T. Ligament Injury After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Return to Sport Biomechanical Measures During Landing and Postural Stability Predict Second Anterior Cruciate. *Am J Sports Med* 2010 38.

⁴ Riemann BL; Lephart SM. The Sensorimotor System, Part I: The physiologic basis of functional joint stability. *Journal of Athletic Training* 2002; 37(1): 71–79.

⁵ Riemann BL, Lephart SM. The Sensorimotor System, Part II: The Role of Proprioception in Motor Control and Functional Joint Stability. *Journal of Athletic Training* 2002;37(1):80–84

⁶ Whelan PJ. The involvement of the motor cortex in postural control: a delicate balancing act. *J Physiol* 587.15 (2009) p 3753.

⁷ Stephen HS. Optimal Feedback Control And The Neural Basis Of Volitional Motor Control. Nature Publishing Group; July 2004: Volume 5.

⁸ Vicente RP, Juan BR, Eduard RF, Javier GN. El feedback en la actividad física: Gestión de la información a través de un sistema de razonamiento basado en casos con acelerómetro como instrumento de medida. *Revista de Investigación en Educación*, nº 6, 2009, pp. 43-49

⁹ López JC, Fernández AV. *Fisiología del ejercicio*. 3ª edición. Editorial médica panamericana. Buenos aires; Madrid.

¹⁰ Vega J. Propioceptores articulares y musculares. *Biomecánica*, VII, 13 (79-93), 1999.

¹¹ Schleip R. Fascial mechanoreceptors and their potential role in deep tissue manipulation. 7(1):11-19- 7(2):104-116.

¹² Bullich S. Mecanorreceptores y sensibilidad propioceptiva de la rodilla. *Biomecánica*, IV, 6 (42-50), 1996.

¹³ Madhavan S, Burkart S, Baggett G, Nelson K, Teckenburg T, Zwanziger M, Shields RK. Influence of age on neuromuscular control during a dynamic weight bearing task. *Aging Phys Act*. 2009 July; 17(3): 327–343.

-
- ¹⁴ Riemann BL; Myers JB ; Lephart SM. Sensorimotor system measurement techniques. *Journal of Athletic Training* 2002; 37(1): 85–98.
- ¹⁵ Baydal JJ, Barberá r, Soler C, Peydro MF, Prat JM , Barona R. Determinación de los patrones de comportamiento postural en población sana española. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2004; 55: 260-269.
- ¹⁶ Liaw MY; Chen CL; Pei YC; Leong CP; Lau YC. Comparison of the static and dynamic balance performance in young, middle aged, and elderly healthy people. *Chang Gung Med J.* 2009 May-Jun; 32(3): 297-304.
- ¹⁷ Vanmeerhaegue AF, Rodríguez DR, Tutusaus CL, Calafat BC, Riera LIM, Vidal MA. Diferencias en la estabilidad postural estática y dinámica según sexo y pierna dominante. *Medicina de l'Esport.* 2009; 162: 74-81.
- ¹⁸ Ageberg E, Link A ; Roos EW. Feasibility of neuromuscular training in patients with severe hip or knee OA: The individualized goal-based NEMEX-TJR training program. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2010, 11:126.
- ¹⁹ Myer GD, Ford KR, Palumbo J, Hewett T. Neuromuscular Training Improves Performance and Lower-Extremity Biomechanics in Female Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2005; 19: 51–60.

²⁰ Mandelbaum BR. Effectiveness of a Neuromuscular and Proprioceptive Training Program in Preventing Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes. *Am J Sports Med* July 2005 vol. 33 no. 7 1003-1010.

²¹ Risberg MA, Holm I, Myklebust G, Engebretsen L. Neuromuscular training versus strength training during first 6 months after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized clinical trial. *Phys Ther.* 2007 Jun;87(6):737-50.

²² Ageberg E, Link A ; Roos EW. Feasibility of neuromuscular training in patients with severe hip or knee OA: The individualized goal-based NEMEX-TJR training program. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2010, 11:126.

²³ Westin D, Hermeto A, Noyes F. A six-week neuromuscular training program for competitive junior tennis players. *J Strength Cond Res.* 2010 Sep;24(9):2372-82.

²⁴ Paterno MV, Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Neuromuscular training improves single-limb stability in young female athletes. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy.* 2004; 34: 305-316.

²⁵ Emery C, Meeuwisse W. The effectiveness of a neuromuscular prevention strategy to reduce injuries in youth soccer: a cluster-randomised controlled trial . *Br J Sports Med* 2010;44:555-562.

-
- ²⁶ Myer GD, Brunner H, Melson PG, Paterno MV, Ford KR, Hewett TE. Neuromuscular training to improve neuromuscular function and biomechanics in a patient with quiescent juvenile rheumatoid arthritis. *Physical Therapy*. 2005; 85(8).
- ²⁷ Seo HG, Kim DY, Park HW, Lee SU, Park SH. Early motor balance and coordination training increased synaptophysin in subcortical regions of the ischemic rat brain. *J Korean Med Sci*. 2010; 25(11): 1638-45.
- ²⁸ Tripp BL, Yochem EM, Uhl TL. Recovery of upper extremity sensorimotor system acuity in baseball athletes after a throwing-fatigue protocol. *Journal of Athletic Training* 2007; 42(4): 452–457.
- ²⁹ International Basketball Federation (FIBA). *Official Basketball Rules 2010*.
- ³⁰ Ostojic SM, Mazic S, Dikic N. Profiling in Basketball: Physical and physiological characteristics of elite players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2006; 20(4): 740-744.
- ³¹ Sánchez J, Gómez C. Epidemiología de las lesiones deportivas en baloncesto. *Revista internacional de medicina y ciencias de la actividad física y del deporte*. 2008; 8(32): 270-281.
- ³² Emery CA, Cassidy JD, Klassen TP, Rosychuk RJ, Rowe BH. Effectiveness of a home-based balance-training program in reducing sports-related injuries

among healthy adolescents: a cluster randomized controlled trial. Canadian Medical Association Journal. 2005; 172(6): 749-54.

³³ McGuine TA, Keene JS. The effect of a balance training program on the risk of ankle sprains in high school athletes. The American Journal of Sports Medicine. 2006; 34(7).

³⁴ Díaz.P, Buceta J, Bueno A. Estrés y vulnerabilidad a las lesiones deportivas. Selección. 2002(2):86-94

³⁵ McKay GD, Goldie PA, Payne WR, Oakes BW. Ankle injuries in basketball: injury rate and risk factors. British Journal of Sports Medicine. 2001; 35: 103-108.

³⁶ Vanmeerhaegue AF, Rodríguez DR, Tutusaus CL, Calafat BC, Riera LIM, Vidal MA. Diferencias en la estabilidad postural estática y dinámica según sexo y pierna dominante. Medicina de l'Esport. 2009; 162: 74-81.

³⁷ Rocafort LA. Fiabilidad del test de equilibrio en desplazamiento en estrella (TEDE). Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de León. 2008.

³⁸ Gribble PA, Hertel J. Considerations for normalizing measures of the Star Excursion Balance Test. Measurement in physical education and exercise science. 2003; 7(2): 89–100.

³⁹ Bressel E, Yonker JC, Kras J, Heath EM. Comparison of static and dynamic balance in female collegiate soccer, basketball, and gymnastics athletes. *Journal of Athletic Training*. 2007; 42(1): 42–46.

⁴⁰ Valovich TC, Armstrong T, Miller M, Sauers JL. Balance improvements in female high school basketball players after a 6-Week Neuromuscular-Training Program. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2009; 18: 465-481.

⁴¹ Vanmeerhaeghe AF; Ruiz PA; Tutusaus LC; Ortigosa NM; Pelaèz LR; Riera ML. Efectos de un entrenamiento propioceptivo (TRAL) de tres meses sobre el control postural en jóvenes deportistas. *Apunts Educación Física y Deportes*; 1^{er} trimestre 2009 (49-56).

⁴² Hertel J. Functional anatomy, pathomechanics, and pathophysiology of lateral ankle instability. *Journal of Athletic Training* 2002; 37(4): 364–375.

⁴³ Vanmeerhaeghe FA., Tutusau CL., Ruiz DP., Ortigosa MN. Efectos de un entrenamiento propioceptivo sobre la extremidad inferior en jóvenes deportistas jugadores de voleibol. *Apunts Medicina del'Esport*. 2008; 157: 5-13.

⁴⁴ Cumps E, Verhagen E, Meeusen R. Efficacy of a sports specific balance training programme on the incidence of ankle sprains in basketball. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2007; 6: 212-219.

⁴⁵ Verhagen E A, Tulder MV, Van der Beek A J, Bouter LM, Mechelen WV. An economic evaluation of a proprioceptive balance board training programme for the prevention of ankle sprains in volleyball. *Br J Sports Med* 2005; 39: 111–115.

⁴⁶ Chimera NJ, Swanik KA, Swanik CB, Straub SJ. Effects of plyometric training on muscle-activation strategies and performance in female athletes. *Journal of Athletic Training* 2004; 39(1): 24–31.

⁴⁷ Peterka RJ ; Loughlin PJ. Dynamic regulation of sensorimotor integration in human postural control. *J Neurophysiol* 91: 410-423, 2004.

⁴⁸ García LD.; Herrero J.A., De Paz Fernández J.A. Revisión: Metodología del Entrenamiento Pliométrico. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, vol. 3 (12) pp. 190-204. 2003.

⁴⁹ Whelan PJ. The involvement of the motor cortex in postural control: a delicate balancing act. *J Physiol* 587.15 (2009) p 3753.

⁵⁰ Markovic G. A meta-analytical review. Does plyometric training improve vertical jump height?. *J Sports Med* 2007; 41: 349-355.

⁵¹ Chimera NJ; Swanik KA; Swanik B, Straub SJ. Effects of plyometric training on muscle-activation strategies and performance in female athletes. *Journal of Athletic Training* 2004; 39(1): 24–31.

⁵² Wilkerson GB; Colston MA, Short NI; Neal KL, Hoewischer PE; Pixley JJ. Neuromuscular changes in female collegiate athletes resulting from a plyometric jump-training program. *Journal of Athletic Training* 2004; 39(1): 17–23.

⁵³ Chu DA. Ejercicios pliométricos. 3ª Edición. Editorial Paidotribo; 1999. España.

⁵⁴ Olmsted LC, Carcia CR, Hertel J, Shultz SJ. Efficacy of the Star Excursion Balance Tests in detecting reach deficits in subjects with chronic ankle instability. *Journal of Athletic Training* 2002; 37(4): 501–506.

⁵⁵ Myer GD, Ford KR, Brent JL, Hewett TE. The effects of plyometric vs dynamic stabilization and balance training on power, balance and landing force in female athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2006; 20(2): 345-353.

⁵⁶ Lephart SM, Abt JP, Ferris CM, Sell TC, Nagai T, Myers JB, Irrgang JJ. Neuromuscular and biomechanical characteristic changes in high school athletes: a plyometric versus basic resistance program. *J Sports Med*. 2005; 39: 932–938.

⁵⁷ Mayolas P, Villarroya A, Reverter J. Lateralidad de miembro inferior y su relación con la distribución de las presiones plantares en el equilibrio estático. *Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*. 2011; 20:5-8.

-
- ⁵⁸ Filipa A, Byrnes R, Paterno M, Myer G, Hewett T. Neuromuscular Training Improves Performance on the Star Excursion Balance Test in Young Female Athletes. *journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 2010; 40(9): 551-558.
- ⁵⁹ Osborne MD, Chou LS, Laskowski ER, Smith J, Kaufman KR. The Effect of Ankle Disk Training on Muscle Reaction Time in Subjects with a History of Ankle Sprain, *Am J Sports Med* September 2001 vol. 29 no. 5 :627-632.
- ⁶⁰ Sheth P, Yu B, Laskowski E, An K. Ankle Disk Training Influences Reaction Times of Selected Muscles in a Simulated Ankle Sprain. *Am J Sports Med*, July 1997 vol. 25 no. 4: 538-543.
- ⁶¹ Eils E, Rosebaum D .A multi-station proprioceptive exercise program in patients with ankle instability. *Med. Sci. Sports Exerc*, Vol. 33, No. 12, 2001, pp. 1991–1998.
- ⁶² Saab C, Willis W. The cerebellum: organization, functions and its role in nociception. *Brain Research Reviews*, 42 (2003) 85–95.
- ⁶³ Kokotilo K, Eng J, Curt A. Reorganization and preservation of motor control of the brain in spinal cord injury: A systematic review.*J Neurotrauma*. 2009 November; 26(11): 2113–2126.

⁶⁴ Takakusaki K , Oohinata J, Saitoh K, Habaguchi T.Role of basal ganglia–brainstem systems in the control of postural muscle tone and locomotion.Volume 143, 2004, Pages 231-237.

12.- Anexos

Anexo 1

Consentimiento Informado

El estudio al cual el joven a su cargo accederá voluntariamente a participar, tiene como finalidad comparar la efectividad de dos tipos de entrenamientos para mejorar el equilibrio. El objetivo de nuestra intervención es lograr que nuestro entrenamiento, basado en estudios científicos, pueda servir como complemento a la actividad deportiva que desarrolla convencionalmente.

Los ejercicios se realizarán 2 veces por semana y tendrá una duración final de 3 meses.

Toda la información que sea obtenida, será trabajada de forma totalmente confidencial y sólo será utilizada dentro de los parámetros de nuestra investigación, por lo que la identidad de todos los participantes no se revelará en ningún caso, y de requerirse, usted podrá obtener una copia del trabajo ejecutado, teniendo además en consideración que no se recibirá ninguna compensación económica por su participación.

Además, se deja de manifiesto la total voluntad a responder cualquier tipo de duda o inquietud que surja dentro de todo este proceso, por parte de los alumnos Tesisistas o por el profesor guía.

Por lo que, Yo, _____, RUT _____ autorizo a mi hijo _____, RUT _____ a participar de este estudio y declaro estar informado sobre todo lo que respecta a este trabajo, teniendo la facultad para poder resolver todas las dudas surgidas de forma satisfactoria. Por lo tanto, acepto que el menor a mi cuidado sea partícipe de forma voluntaria de esta investigación, con la potestad de poder retirarse del mismo en el momento que estime conveniente, ya sea por decisión propia o de la familia.

Firma del Tutor

Firma del Deportista

Firma del Investigador

Anexo 2

Prueba de Equilibrio con Desplazamiento en Estrella

El objetivo de la PEDE es llegar lo más lejos posible con una pierna a lo largo de cada una de las líneas, hacer un ligero contacto en ellas y retornar al centro, mientras se mantiene el equilibrio en la pierna contralateral, que se encuentra fija en el centro de la estrella^{39,54}.. (Figura 5 y 6).



39, 54

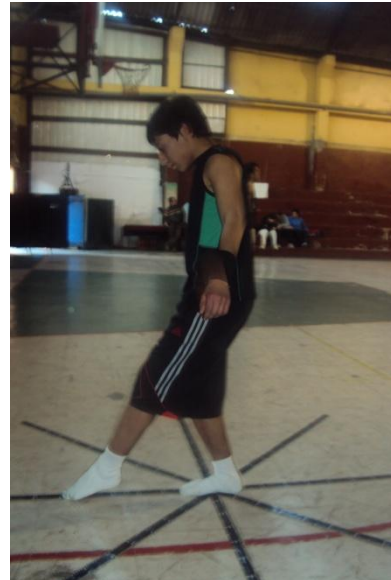


Figura 5: Ejecución PEDE

**Figura 6: Ejecución PEDE Jugador
Básquetbol Club Unión Árabe Valparaíso**

A cada sujeto se le dio una demostración visual y verbal del procedimiento de la prueba por parte del examinador, el que luego midió

manualmente la distancia entre el centro de la estrella y el punto donde tocó el pie de los participantes mediante una cinta métrica³⁹.

Previo a la prueba, a los participantes se les otorgó 180 segundos para que se familiaricen con el sistema. Se realizaron 6 ensayos y 3 pruebas para cada una de las direcciones con ambas extremidades, teniendo un periodo de descanso de 120 segundos entre cada práctica y prueba^{39, 54,40}.

El orden de las excursiones realizadas fue determinada de forma aleatoria y ordenadas por el evaluador, variando entre cada prueba para evitar cualquier aprendizaje³⁹. Además, las señales visuales, tales como objetos en el piso y la gente que no participa en el estudio, fueron retirados de la zona de pruebas fuera del alcance del participante, para ayudar a reducir las influencias visuales y auditivas. Ninguna instrucción o estímulo mayor se les otorgó a los participantes durante toda la prueba⁵⁴.

Para obtener los resultados calculó un promedio de las 3 pruebas ejecutadas. Para que el largo de las piernas de cada individuo no sea factor, estos valores tuvieron que ser normalizados. La longitud de las piernas se determinó posicionando al sujeto en decúbito supino en una camilla, y con una cinta métrica se midió desde la espina ilíaca anterosuperior hasta el centro del maléolo medial ipsilateral de cada una de las piernas^{54, 40}.

Luego el valor obtenido se ingresó en la siguiente fórmula:

Distancia alcanzada/largo de la pierna x 100 = % del largo de la pierna⁵⁴.

Criterios para repetir la prueba:

Los ensayos son descartados y repetidos, si el sujeto (1) no tocó la línea con el pie mientras mantiene la carga de su peso sobre la pierna contralateral, (2) levantó el pie del cuadrado central, (3) perdió el equilibrio en cualquier punto del ensayo, (4) si falló en regresar el pie a la posición inicial, o (5) si es juzgado por parte del examinador de cargar el peso del cuerpo en la pierna que realiza los desplazamientos, al tocar ésta el suelo^{39,54}.

Anexo 3

Ejercicios Pliométricos

Fase 1: Salto Vertical Máximo 20 repeticiones.

Fase 2: Salto Vertical Máximo 20 repeticiones.

Salto Vertical Máximo llevando rodillas al pecho 20 repeticiones.

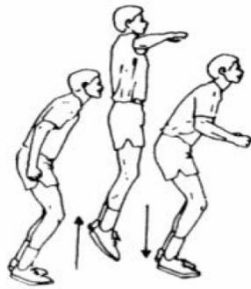
Fase 3: Salto Vertical Máximo llevando rodillas al pecho 40 repeticiones.

Salto Múltiple lado a lado 40 repeticiones.

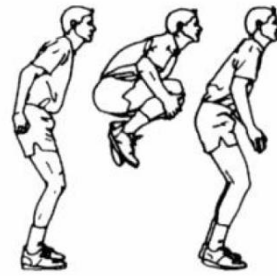
Fase 4: Salto Múltiple lado a lado 40 repeticiones.

Salto Múltiple adelante y atrás 40 repeticiones.

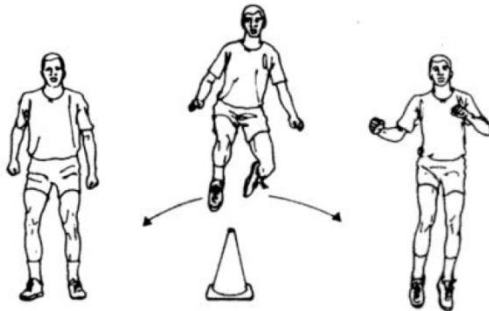
Fase 5: Salto Múltiple adelante y atrás 60 repeticiones^{24,46,55}.



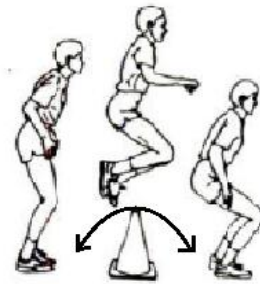
Salto Vertical Maximo⁵³



Salto Vertical Máximo llevando rodillas al pecho⁵³



Salto Múltiples lado a lado⁵³



Salto Múltiples adelante y atrás⁵³

Figura 7: Ejercicios que componen Pauta de Pliométricos

Anexo 4

Ejercicios de Estabilidad

Fase 1: superficie estable, con ojos abiertos, se realizan ejercicios de:

- a) Mantención unipodal.
- b) Mantención unipodal, y la pierna que queda levantada se balancea hacia adelante y atrás.
- c) Mantención unipodal en cuclillas (30°-45° de flexión de rodillas).
- d) Mantención unipodal mientras se realizan actividades funcionales (botear el balón de básquetbol).

Fase 2: superficie estable, con ojos cerrados, se realizan ejercicios de:

- a) Mantención unipodal.
- b) Mantención unipodal, y la pierna que queda levantada se balancea hacia adelante y atrás.
- c) Mantención unipodal en cuclillas (30°-45° de flexión de rodillas)

Fase 3: superficie inestable, con ojos abiertos, se realizan ejercicios de:

- a) Mantención unipodal.
- b) Mantención unipodal, y la pierna que queda levantada se balancea hacia adelante y atrás.
- c) Mantención unipodal en cuclillas (30°-45° de flexión de rodillas)
- d) Mantención bipodal mientras se gira el disco de freeman.

Fase 4: a) superficie inestable con ojos cerrados:

- Mantención unipodal.
- b) superficie inestable con ojos abiertos:
 - Mantención unipodal, y la pierna que queda levantada se balancea hacia adelante y atrás.
 - Mantención unipodal en cuclillas (30°-45° de flexión de rodillas).
 - Mantención bipodal mientras se gira el disco de freeman sobre su eje.

Fase 5: a) superficie inestable con ojos cerrados:

-Mantención unipodal.

b) superficie inestable con ojos abiertos:

-Mantención unipodal, y la pierna que queda levantada se balancea hacia adelante y atrás.

-Mantención bipodal mientras se gira el disco de freeman sobre su eje.

- Mantención unipodal mientras se realizan actividades funcionales (botear el balón de básquetbol).³³.



Mantención unipodal³³.



Mantención unipodal mientras se realizan actividades funcionales³³.



Mantención unipodal, y la pierna que queda levantada se balancea³³.



Superficie Inestable con ojos cerrados, mantención unipodal³³.



Superficie Inestable ojos abiertos, mantención unipodal realizando actividades funcionales³³.

Figura 8: Ejercicios que componen Pauta de Estabilidad

Anexo 5

Tablas de Estadística Descriptiva (TED)

GRUPO CONTROL	PIE IZQUIERDO APOYO															
	A		P		L		M		AL		AM		PL		PM	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Promedio	77,0	81,1	77,6	84,6	78,4	78,8	65,3	73,6	77,9	77,1	66,8	76,9	78,1	80,8	72,4	83,2
Máximo	87,6	87,2	97,5	100,8	86,4	94,3	94,6	94,9	90,9	95,1	81,7	91,9	91,7	95,4	97,1	100,8
Mínimo	70,1	72,4	70,2	75,2	49,7	53,1	51,4	57,1	59,7	60,4	59,2	61,7	63,5	66,3	61,1	68,3
D.S	4,9	5,4	8,8	8,5	11,5	15,1	14,1	14,4	10,5	12,2	7,9	10,7	8,6	9,5	10,8	10,8

TED 1: Estadística Descriptiva Pre y Post Evaluación PEDE Grupo Control Pie de Apoyo

Derecho

DIFERENCIA GRUPO CONTROL	PIE DERECHO APOYO							
	A	P	L	M	AL	AM	PL	PM
Promedio	3,0	5,4	2,8	4,4	3,2	4,2	4,0	4,4
Máximo	12,2	18,1	10,0	8,9	10,9	10,6	8,3	24,1
Mínimo	-2,1	2,5	-4,0	1,0	-2,8	-2,7	-3,0	-2,5
D.S	4,1	4,8	4,8	2,9	4,6	3,9	4,2	7,8

TED 2: Comparación Pre y Post Evaluación PEDE Grupo Control Pie de Apoyo Derecho

PLIOMETRICO	PIE DERECHO APOYO															
	A		P		L		M		AL		AM		PL		PM	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Promedio	82,4	81,7	86,4	95,5	86,1	93,3	70,3	73,3	86,8	85,9	74,9	70,9	83,3	98,6	77,1	87,6
Máximo	98,8	93,8	98,7	110,0	104,8	110,9	93,7	84,6	101,9	96,2	90,3	82,6	93,8	108,2	94,2	104,8
Mínimo	74,3	74,9	68,5	80,9	75,8	84,3	52,5	58,8	78,7	80,9	54,1	53,8	66,6	89,8	66,6	73,3
D.S	8,4	6,0	9,9	8,9	10,1	8,0	13,3	9,6	8,6	4,7	11,3	9,1	9,0	6,0	9,1	9,9

TED 3: Estadística Descriptiva Pre y Post Evaluación PEDE Grupo Control Pie de Apoyo Izquierdo

DIFERENCIA GRUPO CONTROL	PIE IZQUIERDO APOYO							
	A	P	L	M	AL	AM	PL	PM
Promedio	4,2	7,0	0,5	8,3	-0,8	10,1	2,7	10,8
Máximo	11,1	24,2	11,0	34,0	5,4	29,4	8,5	30,8
Mínimo	-1,7	2,6	-24,5	-2,4	-18,6	1,0	-4,8	2,3
D.S	4,1	7,2	10,5	12,7	7,6	11,2	4,8	11,4

TED 4: Comparación Pre y Post Evaluación PEDE Grupo Control Pie de Apoyo Izquierdo

GRUPO CONTROL	PIE DERECHO APOYO															
	A		P		L		M		AL		AM		PL		PM	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Promedio	76,7	79,7	77,4	82,7	83,9	86,7	59,8	64,2	74,5	77,7	67,9	72,2	82,1	86,1	67,9	72,2
Máximo	88,4	87,4	92,8	97,1	94,9	95,4	81,0	82,8	84,6	88,4	84,8	89,4	94,6	98,9	90,6	92,8
Mínimo	66,7	69,3	61,7	65,0	73,3	71,0	50,7	52,8	61,7	63,3	58,0	63,3	72,4	71,7	51,1	62,9
D.S	7,1	5,4	9,3	9,3	6,7	7,6	10,8	10,6	7,1	9,3	8,0	7,6	7,8	9,2	11,0	9,5

TED 5: Estadística Descriptiva Pre y Post Evaluación PEDE Pauta de Ejercicios

Pliométricos Pie de Apoyo Derecho

DIFERENCIA PLIOMETRICO	PIE DERECHO APOYO							
	A	P	L	M	AL	AM	PL	PM
Promedio	-0,7	9,1	7,3	3,0	-0,9	-3,9	15,3	10,5
Máximo	6,8	15,5	22,4	17,2	7,9	6,2	28,3	18,8
Mínimo	-17,1	-6,0	-18,9	-29,6	-16,8	-16,6	9,0	-0,4
D.S	7,4	7,3	11,7	13,3	9,3	7,5	6,3	6,9

TED 6: Comparación Pre y Post Pauta de Ejercicios Pliométricos Pie de Apoyo Derecho

PLIOMETRICO	PIE IZQUIERDO APOYO															
	A		P		L		M		AL		AM		PL		PM	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Promedio	82,6	84,1	88,0	96,2	90,1	77,9	67,4	88,4	87,4	77,6	76,6	86,8	89,3	88,9	76,2	92,7
Máximo	91,7	96,5	112,2	120,7	112,2	100,3	90,0	118,1	101,4	92,8	91,9	98,0	119,1	107,9	101,3	117,0
Mínimo	75,5	74,9	73,4	80,8	74,0	59,2	52,8	61,3	76,0	64,4	60,5	73,4	69,5	70,0	58,9	73,8
D.S	6,3	6,8	12,3	13,7	12,7	15,0	13,3	18,1	9,1	9,3	9,1	8,2	15,3	15,1	13,8	12,4

TED 7: Estadística Descriptiva Pre y Post Evaluación PEDE Pauta de Ejercicios

Pliométricos Pie de Apoyo Izquierdo

DIFERENCIA PLIOMETRICO	PIE IZQUIERDO APOYO							
	A	P	L	M	AL	AM	PL	PM
Promedio	1,5	8,2	-12,2	21,0	-9,8	10,2	-0,4	16,5
Máximo	7,4	26,8	8,6	34,0	2,8	26,0	11,6	28,3
Mínimo	-16,8	-10,3	-41,9	1,4	-29,9	0,4	-11,2	2,3
D.S	7,3	9,7	16,1	12,6	13,1	9,4	8,8	8,6

TED 8: Comparación Pre y Post Pauta de Ejercicios Pliométricos Pie de Apoyo izquierdo

ESTABILIDAD	PIE DERECHO APOYO															
	A		P		L		M		AL		AM		PL		PM	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Promedio	77,5	88,2	78,5	103,6	85,2	98,0	64,6	82,0	79,6	93,0	72,4	76,4	86,6	101,1	70,7	94,0
Máximo	92,9	102,9	93,6	111,1	103,5	109,6	108,2	112,4	95,0	103,2	91,8	96,5	106,8	111,1	80,1	103,5
Mínimo	61,2	80,6	58,5	91,3	66,0	82,6	51,7	65,5	59,3	80,4	56,0	69,2	70,5	90,2	59,6	75,8
D.E.	9,4	7,5	11,0	6,1	11,5	9,5	17,9	15,4	10,5	8,1	11,9	8,7	11,4	6,4	7,5	9,1

TED9: Estadística Descriptiva Pre y Post Evaluación PEDE Pauta de Ejercicios de Estabilidad Pie de Apoyo Derecho

DIFERENCIA ESTABILIDAD	PIE DERECHO APOYO							
	A	P	L	M	AL	AM	PL	PM
Promedio	10,7	25,1	12,8	17,4	13,4	4,1	14,5	23,3
Máximo	30,6	41,5	32,9	35,3	36,8	19,1	34,4	40,5
Mínimo	-1,0	10,5	-11,6	4,2	-0,4	-17,4	-16,6	-3,5
D.S	9,0	12,2	13,2	9,9	11,4	10,7	15,2	13,7

TED 10: Comparación Pre y Post Pauta de Ejercicios de Estabilidad Pie de Apoyo Derecho

ESTABILIDAD	PIE IZQUIERDO APOYO															
	A		P		L		M		AL		AM		PL		PM	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Promedio	79,7	88,1	79,0	102,0	86,8	82,1	65,3	93,1	84,1	82,3	73,6	91,3	83,0	93,0	71,4	99,1
Máximo	95,0	103,9	91,2	114,4	101,4	108,8	103,5	111,0	101,1	107,4	93,4	103,5	94,5	102,3	84,3	110,8
Mínimo	71,4	76,4	62,0	82,3	74,8	66,6	51,7	66,7	70,3	68,8	62,7	81,8	75,2	81,2	58,2	85,9
D.S	7,1	9,5	9,5	10,0	9,7	14,2	16,3	13,1	9,4	13,0	9,7	7,7	6,3	8,3	7,8	9,7

TED 11: Estadística Descriptiva Pre y Post Evaluación PEDE Pauta de Ejercicios de Estabilidad Pie de Apoyo Izquierdo

DIFERENCIA ESTABILIDAD	PIE IZQUIERDO APOYO							
	A	P	L	M	AL	AM	PL	PM
Promedio	8,4	23,0	-4,7	27,8	-1,8	17,7	10,0	27,8
Máximo	24,2	39,8	15,6	39,8	15,6	34,0	27,1	52,4
Mínimo	-3,3	2,6	-25,0	5,3	-13,0	6,4	-7,4	13,8
D.S	7,6	13,1	15,7	15,2	9,8	9,5	13,2	12,8

TED 12: Comparación Pre y Post Pauta de Ejercicios de Estabilidad Pie de Apoyo Izquierdo

Anexo 6

Línea de Tiempo 2011

