

ENRIQUEZ, NICOLÁS EZEQUIEL

***“Efectos de un programa pliométrico  
multidireccional en el rendimiento del salto de  
jóvenes futbolistas”***

---

Trabajo final para la obtención del grado de especialista en  
programación y evaluación del ejercicio (UNLP)

**Director:** Casas, Adrián.

*"La superación es el mandato de la juventud."*

**Oswaldo Zubeldía**

## ÍNDICE

### **1. INTRODUCCION**

### **2. OBJETIVOS**

### **3. PROBLEMA DE ESTUDIO**

### **4. MARCO TEORICO**

#### 4.1 Aproximación conceptual

#### 4.2 Rendimiento en el Fútbol

##### 4.2.1 Demandas de la competición

##### 4.2.2 Demandas fisiológicas

#### 4.3 La fuerza muscular en el fútbol

##### 4.3.1 Fuerza útil

##### 4.3.2 Fuerza explosiva

##### 4.3.3 Efectos del entrenamiento de fuerza

#### 4.4 El método pliométrico

#### 4.5 Métodos de entrenamiento y recomendaciones prácticas

##### 4.5.1 Salto vertical y horizontal

##### 4.5.2 Pliometria en el fútbol

##### 4.5.3 Especificidad del entrenamiento

##### 4.5.4 Multidireccionalidad en el fútbol

## **5 EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE FUERZA**

## **6 TRABAJO DE CAMPO**

6.1- Enfoque experimental del problema

6.2- Población y muestra

6.3- Material e instrumentos

6.4- Procedimientos

6.5- Programa de entrenamiento

6.6- Análisis estadístico

6.7- Resultados

## **7 DISCUSIÓN**

## **8 APLICACIONES PRÁCTICAS**

## **9 CONCLUSIÓN**

## **10 ANEXO 1**

## **11 ANEXO 2**

## **12 BIBLIOGRAFÍA**

## 1- Introducción

El propósito del trabajo realizado fue evaluar los efectos de un programa de entrenamiento pliométrico multidireccional (EPM) en relación con la altura de salto vertical (SV) y horizontal (SH) en jugadores de fútbol jóvenes.

Esta experiencia se llevó a cabo con 27 (veintisiete) jugadores del Club Once Unidos de la liga marplatense de fútbol, los cuales fueron asignados aleatoriamente a un grupo experimental (GE,  $n = 15$ ; edad:  $14.7 \pm 0.4$  años) y un grupo de control (GC,  $n = 12$ ; edad:  $14.6 \pm 0.5$  años). El GE introdujo el EPM de 6 semanas en dos días por semana dentro del periodo de temporada, mientras que el GC continuó entrenando sin cambios. Las mediciones de altura y longitud de salto vertical y horizontal se completaron al principio y al final del programa.

Cabe destacar que está bien establecido que la mejora de la fuerza y la potencia muscular mediante la utilización de entrenamiento pliométrico tiene un amplio consenso en la literatura (Komi, 2003; Ratamess y cols., 2009; Cormie y cols., 2011b) y con mayor acento si cabe en edades adolescentes donde aspectos madurativos y escasa experiencia en este tipo de entrenamiento hacen a los sujetos más sensibles a la mejora (Harries, Lubens & Callister, 2012)

**Palabras claves:** salto horizontal, salto vertical, fuerza, rendimiento, futbolistas jóvenes, pliometría, ciclo estiramiento-acortamiento, multidireccional, rendimiento, performance.

**2- Objetivos:**

- ✓ Identificar el efecto de un programa de pliometría compuesto por ejercicios multidireccionales en el rendimiento de: (a) de scuat jump (SJ), countermovement jump (CMJ), salto abalakov (ABLK) y salto horizontal (SH).
- ✓ Definir qué implica el concepto multidireccional y cuál es su relevancia en un programa pliométrico para jóvenes futbolistas.
- ✓ Determinar puntos claves a tener en cuenta a la hora de llevar a cabo un programa pliométrico multidireccional.

### **3- Problema de estudio**

El problema se inicia a partir de una exploración de las metodologías utilizadas para entrenar la pliometría en el Club Once Unidos en el ámbito del fútbol formativo, luego de varios entrenamientos observados me llamo la atención que en su mayoría los ejercicios realizados se caracterizaban por aplicarse con un mismo vector de fuerza y sin modificar los apoyos tanto al inicio como al final de la ejecución del movimiento.

Para problematizar y direccionar lo observado me apoye en “El principio de especificidad del entrenamiento”, el cual se basa en la adaptación específica al estímulo impuesto (Haff & Triplett, 2016). Sabemos que los efectos del entrenamiento son específicos a la velocidad, el rango y plano de movimiento en el que se entrena, a la dirección del vector de fuerza que se aplica, al tipo de contracción que se realiza y a la coordinación intermuscular que acontece en el ejercicio.

Desde hace décadas, los avances y estudios en las Ciencias del Deporte han llegado a la conclusión de que la especificidad del entrenamiento influye cada vez más en las adaptaciones provocadas por el entrenamiento en el deportista.

El eje central de este trabajo se centra en como un programa de entrenamiento pliometrico multidireccional (EPM) puede mejorar la capacidad de salto vertical y horizontal. Siendo el fútbol un deporte con características multidireccionales debido que a menudo las demandas del mismo exigen acelerar en diferentes direcciones, desacelerar, volver a acelerar y ejecutar sucesivos cambios de dirección. Para hacer frente mejor a las demandas de los partidos, los

jugadores de fútbol no solo deben poder correr más rápido en recorridos lineales, sino también desacelerar y acelerar rápidamente al cambiar de dirección.

#### **4- Marco teórico**

##### **4.1- Aproximación conceptual**

El fútbol es un "deporte de situación", entendiendo este como aquel que se caracteriza porque la dinámica de juego viene determinada por situaciones cambiantes y por la gran incertidumbre que ocasionan la actuación de compañeros y adversarios, trayectorias que describe el elemento, inestabilidad del medio, etc. Los deportes de cooperación-oposición desarrollados en un espacio común y acción simultánea sobre el móvil descritos por Hernández Moreno (1994), se caracterizan por estar constituidos por habilidades predominantemente perceptivas, abiertas y de regulación externa (Ruiz Pérez, 1995; Sánchez Bañuelos, 1990). Así pues, se desenvuelven en un entorno cambiante, incierto y variable, exigente en operaciones cognitivas con objeto de evaluar, anticiparse y adaptarse a nuevas y constantes circunstancias de juego.

Los deportes de cooperación-oposición, a los que pertenece el fútbol, desarrollados en un espacio común y acción simultánea sobre el móvil, se caracterizan por estar constituidos por habilidades predominantemente perceptivas, abiertas y de regulación externa (Hernández Moreno, 1994). Así pues, se desenvuelven en un entorno cambiante, incierto y variable, exigente en operaciones cognitivas con objeto de evaluar, anticiparse y adaptarse a nuevas y constantes circunstancias de juego. Esta realidad elimina la posibilidad de emitir por parte del jugador respuestas estereotipadas y hace necesaria una constante toma de decisiones tanto individuales como colectivas para adaptar la actuación del jugador / equipo a

las necesidades puntuales de cada momento. Este hecho hace necesario que el futbolista, desde sus primeros contactos con este deporte, conozca en primer lugar las intenciones tácticas, para luego desarrollar los diferentes procedimientos de ejecución para llevarlos a cabo (Dufour, 1989; Garganta, 2001; Gréhaigne,2001).

A pesar de que estos aspectos técnicos, tácticos y de toma de decisión son los que definen en última instancia la calidad futbolística del individuo y equipo, hoy en día el fútbol ha evolucionado hacia un modelo de juego con predominio de la exigencia física y los planteamientos tácticos sobre las individualidades técnicas. Conocer estos datos permite enfocar el entrenamiento de una u otra manera, con el fin de obtener el máximo rendimiento con nuestros jugadores. El fútbol contemporáneo, tanto a nivel nacional como internacional, se caracteriza por la presencia de una elevada igualdad en los rendimientos manifestados por los equipos, siendo difícil encontrar actualmente en el alto rendimiento, partidos de fútbol en los que las diferencias entre uno y otro equipo sean muy evidentes. Comparando los marcadores de los partidos celebrados en las fases más decisivas de los tres primeros campeonatos mundiales, con los marcadores de los partidos disputados en los cuatro últimos, se puede comprobar como hecho destacable que en la actualidad casi el 90 % de los encuentros finalizan con resultados muy ajustados, en los que la diferencia de los goles entre los equipos contendientes es nula o igual a uno.

En las últimas 3 décadas, el interés sobre el análisis de los partidos de fútbol ha ido creciendo notoriamente con el objetivo fundamental de analizar las demandas físicas de la competición (Bangsbo, 1994; Mayhew & Wenger, 1985; Reilly & Thomas, 1976). Durante un partido, los

jugadores profesionales de élite recorren la mayoría de la distancia a baja intensidad (Rienzi, Drust, Reilly, Carter, & Martin, 2000). La media de distancia cubierta a alta intensidad es un 10 % (Carling, Bloomfield, Nelsen, & Reilly, 2008). Las actividades de alta intensidad en fútbol se han venido estudiando desde hace tiempo (Bangsbo, Norregaard, & Thorso, 1991; Reilly, 1990), debido a que son representativas de las demandas físicas requeridas en la competición (Mohr, Krstrup, & Bangsbo, 2003) y la distancia recorrida a alta intensidad durante los partidos está directamente relacionada con el estado de entrenamiento (Krstrup et al., 2003).

#### **4.2- Rendimiento en el fútbol**

En la actualidad existe un gran número de publicaciones científicas relacionadas con la mejora del rendimiento en el fútbol. Los primeros estudios se centraron en conocer las demandas de los partidos de fútbol (Bangsbo et al., 1994) tanto físicas como fisiológicas. Posteriormente, las líneas de investigación se fueron orientando hacia el entrenamiento físico para la mejora del rendimiento en futbolistas, por medio del incremento de los niveles de condición física (Hoff et al., 2002; Hoffman et al., 2004; Kotzamanidis et al., 2005). También ha existido y existe la inquietud por conocer la epidemiología lesional en fútbol (Woods et al., 2004) y como se podrían prevenir estas lesiones (Junge et al., 2002).

En los primeros estudios el elemento analizado era la distancia total recorrida por los jugadores, sin tener en cuenta las diferentes intensidades de los desplazamientos. En la actualidad, el entrenamiento está dirigido hacia un enfoque integral, donde se pone en juego de manera simultánea los aspectos técnicos, tácticos, condicionales y psicológicos, por

medio de objetivos en tareas que propongan demandas en las cualidades físicas condicionales y motrices, sin obviar el dominio de la técnica básica de manejo del elemento, fundamental para el disfrute del juego y perteneciente a la primera fase en la estructura de la enseñanza del juego (Garganta et al., 1997).

Las capacidades físicas básicas (velocidad, resistencia, flexibilidad y fuerza), en la actualidad siguen la tendencia a trabajarse de forma implícita en tareas y juegos. Si bien, se pueden y se deben buscar formas de entrenamiento más analíticas, sobre todo en etapas más avanzadas, cercanas al rendimiento, y en edades más tempranas, desde las primeras etapas de formación, aportando el estímulo adecuado para crear adaptaciones beneficiosas a los practicantes en cuestión. En los últimos años, el entrenamiento de la fuerza ha adquirido un papel imprescindible en la planificación del entrenamiento en fútbol, puesto que influye de forma positiva en la mejora de las demás cualidades y, por tanto, en un mayor rendimiento del futbolista.

Existen estudios (Brito et al., 2014; De Hoyo et al., 2015; Jensen et al., 2014; Meylan et al., 2009; Owen et al., 2015) en los que se demuestra que, con un entrenamiento de fuerza adecuado, hay una mayor respuesta a las demandas fisiológicas que el fútbol requiere. Por tanto, la fuerza es beneficiosa y debe entrenarse siguiendo una adecuada progresión y en función de los objetivos deseados, tanto para la mejora del rendimiento de las variables determinantes en el fútbol, como sprint lineal y con cambio de dirección (COD), saltos, aceleraciones, etc., como para reducir los factores lesionales más preponderantes, así favorecer el desarrollo físico óptimo de los futbolistas.

#### 4.2.1- Demandas de la competición

El análisis de las demandas de la competición en el fútbol es una valiosa técnica de recogida de datos utilizada para la cuantificación del rendimiento físico en entrenamientos y partidos en jugadores de fútbol (Carling et al., 2008). Además de permitir conocer las demandas de la competición ofrece información sobre las cualidades físicas determinantes del rendimiento en este deporte, para así poder aplicar estos datos en el entrenamiento diario (Bradley et al., 2011).

Todo esto es posible gracias a las nuevas tecnologías aplicadas al deporte. En el caso del fútbol destacan, por ejemplo, los sistemas computarizados multicámaras (AMISCO Pro® o Prozone®) o la tecnología GPS. De las múltiples investigaciones sobre las demandas de la competición en fútbol se extrae que un jugador de campo recorre una distancia total de entre 10-13 km por partido (Bangsbo et al., 2006; Di Salvo et al., 2007; Mohr et al., 2003). En esta línea, Vigne et al., (2010) observaron en jugadores de élite italianos una media de  $121.82 \pm 9.57$  m/min durante un partido de competición, de los cuales el 38.9% ( $3477 \pm 1433$  m) permanecieron andando, el 29.5% ( $2631 \pm 1097$  m) lo realizaron corriendo a baja intensidad, el 13.3% corriendo entre 13 y 16 km/h ( $1192 \pm 487$  m), el 8.4% corriendo entre 16 y 19 km/h ( $750 \pm 314$  m) y el 9.8% a sprint ( $878 \pm 433$  m) (Casamichana et al., 2015).

Es necesario destacar que, en función del puesto específico, la distancia total recorrida durante la competición varía significativamente de unas demarcaciones a otras (Di Salvo et al., 2007; Di Salvo et al., 2009; Rampinini et al., 2007; Suárez-Arrones et al., 2015; Vigne et al., 2010). Comparando los 5 puestos específicos más comunes en fútbol, parece estar claro que los

centrocampistas interiores y de banda son los jugadores que más distancia total recorren por partido (Bradley et al., 2009). En un estudio con jugadores de élite ingleses, Mohr et al. (2003) concluyeron que centrocampistas ( $11.00 \pm 0.21$  km), defensas laterales ( $10.98 \pm 0.30$  km) y delanteros ( $10.48 \pm 0.30$  km) recorrían mayor distancia total por partido que los defensas centrales ( $9.74 \pm 0.22$  km). Dellal et al. (2010) encontraron en jugadores de élite franceses que los jugadores que mayor distancia total recorrían por partido eran los centrocampistas de banda ( $12.029 \pm 977.5$  km).

La distancia cubierta durante un partido depende entre otras cosas, de la posición específica sobre el terreno de juego, de variables tácticas, estratégicas y contextuales, de la condición física del futbolista o del nivel del oponente (Andrzejewski, Chmura, Pluta, & Kasprzak, 2012; Barros et al., 2007; Di Salvo et al., 2007; Mohr et al., 2003; Rampinini et al., 2007).

Varios autores (Bangsbo et al., 1991; D'Ottavio & Tranquili, 1992; Drust, Reilly, & Rienzi, 1998) coincidieron a la hora de señalar que este parámetro únicamente ofrece un índice general de la tasa de trabajo desarrollada siendo más interesante el análisis de los perfiles de actividad, debido a la diversidad de desplazamientos, (aceleraciones y deceleraciones, cambios de dirección y saltos, etc.), que eleven las demandas energéticas del partido. Señalando como parámetros de mayor relevancia la velocidad máxima obtenida, el tiempo de recuperación, (densidad), la longitud media y máxima de los diferentes tipos de carrera o las distancias recorridas a alta intensidad.

Parece ser que la distancia a alta intensidad (AI) recorrida durante un partido de fútbol es un factor útil para discriminar a jugadores de diferente nivel (Bangsbo et al., 2006). Mohr et al. (2003) determinaron que los jugadores de nivel internacional realizaban un 28% más de carrera a alta intensidad (2.43 vs. 1.90 km) y un 58% más esprintando (650 m vs 410 m) que jugadores de nivel nacional. Di Salvo et al. (2009) observaron que los centrocampistas de banda son los jugadores que más metros recorren a alta intensidad ( $1049 \pm 106$  m), seguidos de los delanteros ( $968 \pm 143$  m), mediocentros ( $928 \pm 124$  m), defensas laterales ( $911 \pm 123$  m) y defensas centrales ( $681 \pm 128$  m). En cuanto al número de sprints (SP) realizados por partido, Di Salvo et al. (2010) demostraron que los centrocampistas de banda ( $35.8 \pm 13.4$ ) junto con los delanteros ( $30.0 \pm 12.0$ ) eran los puestos específicos que realizaban mayor cantidad de sprints por partido, en comparación con los defensas laterales centrales ( $29.5 \pm 11.7$ ), mediocentros centrales ( $23.5 \pm 12.2$ ) y los defensas centrales ( $17.3 \pm 8.7$ ).

Por otro lado, Barnes et al. (2014) mostraron un incremento en los valores de distancia AI y SP durante los últimos años en partidos de English Premier League, demostrando el aumento de la intensidad en el juego, y la consecuente necesidad de mejorar la capacidad de realizar acciones de AI y SP. Derivado del estudio de las acciones de AI, se ha empezado a tener en cuenta otras variables como las secuencias de alta intensidad repetidas (SAIR), que hace referencia a cuando un jugador realiza 3 acciones de velocidad superior a 13 km/h con recuperación entre ellas inferior a 21 segundos (Casamichana et al., 2012) y la secuencia de sprint repetido (SSR) que consiste en la realización de un mínimo de 2 sprints consecutivos

con una duración  $\geq 1$ s, con una recuperación máxima de 15, 30, 45 o 60 segundos entre ellos (Buchheit et al., 2010a; Suárez-Arrones et al., 2015).

En relación con las acciones de AI y SP, encontramos los cambios de velocidad o aceleraciones, las cuales se clasifican en la bibliografía como aceleraciones moderadas ( $>1.11$  m/s<sup>2</sup>) y aceleraciones máximas ( $>4$  m/s<sup>2</sup>), siendo las aceleraciones  $> 2.78$  m/s<sup>2</sup> las máximas que se dan en deportes de equipo (Aughey 2011).

En una investigación con jugadores élite noruegos para determinar el número de aceleraciones por partido en función del puesto específico, Ingebrigtsen et al. (2014) observaron que los centrocampistas de banda fueron los jugadores que más aceleraciones realizaron por partido ( $105.5 \pm 22.2$ ) en relación a defensas centrales ( $86.9 \pm 18.0$ ), defensas laterales ( $95.4 \pm 19.4$ ) mediocentros ( $85.2 \pm 23.6$ ) y delanteros ( $83.7 \pm 13.8$ ). A pesar de esto, es necesario tener en cuenta en la comparación de datos que existen diferencias significativas en la medición de aceleraciones y desaceleraciones en función del dispositivo GPS utilizado o cuando se realiza una actualización del software en la misma unidad GPS, por lo que estos datos deben ser interpretados con cautela (Buchheit et al., 2014).

Todos estos parámetros varían si diferenciamos entre la primera y la segunda parte del partido, estando presente una reducción de la distancia total y las acciones a AI y SP, y un aumento de la distancia andando en la segunda parte (Di Salvo et al., 2009; Vigne et al., 2010). Además de estas diferencias, se encontraron reducciones importantes en las acciones de AI (20-40%) en los últimos 15 minutos comparados con los 15 minutos iniciales del partido (Bradley et al.,

2009; Mohr et al. 2003) así como una reducción del número de aceleraciones ( $44 \pm 12$  vs.  $47 \pm 12$ ) en la segunda parte en comparación con la primera (Ingebrigtsen et al., 2014).

En este sentido, la capacidad de aceleración puede decidir el resultado del juego, por lo que el rendimiento en la capacidad de sprint puede considerarse relevante en el fútbol (Hoff & Helgerud, 2004; MéndezVillanueva, Buchheit, Simpson, Peltola & Bourdon, 2011; Svensson & Drust, 2005). Estudios anteriores han demostrado que durante un partido el 96% de los sprint son de menos de 30 m (Stølen et al., 2005). Estas distancias de sprint no son suficientes para alcanzar la velocidad máxima individual por lo que se puede considerar que la habilidad para acelerar es un aspecto más específico en el rendimiento del fútbol (Delecluse, 1997; Haugen et al., 2014).

#### **4.2.2- Demandas Fisiológicas**

El fútbol es un deporte de estructura intermitente (Di Salvo et al., 2007; Espósito et al., 2004) que comprende entre 1000-1400 cambios de actividad (Iaia et al., 2009, Mohr et al., 2003; Stølen et al., 2005) cada 3-5 segundos, incluyendo gran variedad de acciones con y sin balón durante un partido, entre las que se encuentran los cambios de dirección, aceleraciones, desaceleraciones, saltos, equilibrios, etc., lo que hace pensar que los jugadores de fútbol necesitarán altos niveles de fuerza explosiva para un adecuado desempeño de las mismas (Jullien et al., 2008; Michailidis et al., 2013).

Los patrones de movimiento no se reproducen de manera continua, se ha intentado detallar con precisión cada uno de

ellos existiendo cerca de 1000 tipos de incidencias durante el juego (Drust et al., 1998; Reilly & Thomas, 1976).

Durante décadas el modelo de estudio aplicado en el campo de la fisiología del ejercicio y del entrenamiento deportivo exacerbó el papel de los factores centrales (cardiacos) por sobre los periféricos (musculares) en los rendimientos de resistencia de todas las disciplinas deportivas.

La alternancia que caracteriza al deporte con acciones de diferentes intensidades, duraciones, frecuencias y características cinéticas, modifica sensiblemente el análisis metabólico y muscular de los esfuerzos, esto hace que los sistemas cardiovascular y neuromuscular participen de manera específica. Los ejercicios intermitentes ponen el acento en el estrés a nivel periférico (neuromuscular, vascular y metabólico), es decir en los factores “musculares” de la resistencia. (Casas, 2008).

Los deportes acíclicos basan sus acciones en patrones de movimiento muy específicos, que requieren, por ejemplo, “cambios de dirección en velocidad”, ésta y otras habilidades específicas, como “la capacidad para repetir aceleraciones”, requieren el desarrollo de métodos de entrenamiento que contemplen estas particularidades (Bishop, 2002; Carling y Reilly, 2005; Bangsbo, 1992; Colli, 1997).

La distancia recorrida a lo largo de un partido a diferentes velocidades no son un fiel reflejo de como un equipo o un jugador rinden en el partido, debido a que una multitud de factores, extrínsecos e intrínsecos, pueden afectar los perfiles de actividad desarrollados por los futbolistas profesionales.

El entrenamiento de la resistencia en el deporte debe guardar correspondencia con la estructura del rendimiento deportivo (Neumann, 1989), es preciso considerar la especificidad y particularidad del modelo de rendimiento y no asumir un modelo “universal” para el entrenamiento de la resistencia como ha ocurrido durante décadas. Los rendimientos de resistencia, como cualquier otro rendimiento corporal, son el resultado de la utilización coordinada de la fuerza muscular (Martin y col, 2001).

#### **4.3- La fuerza muscular en el Fútbol**

Diferentes métodos de entrenamiento de fuerza han sido utilizados para la mejora del rendimiento en el fútbol (Cronin & Hansen, 2005; Young, 2006). Estas estrategias pueden ser clasificadas según los medios de entrenamiento que se emplean: ejercicios tradicionales (Kotzamanidis, Chatzopoulos, Michailidis, Papaiakovou, & Patikas, 2005; Ronnestad, Nymark & Raastad, 2011) como la sentadilla y el peso muerto, los cuales están asociados con una desaceleración de la carga hacia el final del rango de movimiento (Newton, Kraemer, & Häkkinen, 1996); ejercicios balísticos (Loturco, Ugrinowitsch, Tricoli, Pivetti, & Roschel, 2013; Loturco et al., 2015), en los que tiene lugar el desplazamiento del propio cuerpo debido a la ejecución del movimiento a la máxima velocidad posible (Cormie, McGuigan & Newton, 2011); ejercicios olímpicos (Hoffman, Cooper, Wendell, & Kang, 2004) como la cargada, la arrancada y sus variaciones, en los que el deportista debe acelerar la barra a lo largo de toda la fase propulsiva del movimiento (Schilling et al., 2002).; ejercicios pliométricos (Brito, Vasconcellos,

Oliveira, Krstrup, & Rebelo, 2014; Chelly et al., 2009), de naturaleza balística y realizados generalmente sin resistencia externa o con una resistencia muy pequeña (Wathen, 1993); ejercicios con sobrecarga excéntrica (De Hoyo, Pozzo et al., 2015; Tous-Fajardo, Gonzalo-Skok, Arjol-Serrano, & Tesch, 2016) en los que la fase excéntrica del movimiento se incrementa para acentuar los efectos de este régimen de contracción (De Hoyo, Pozzo et al., 2015), y la combinación de algunos de ellos en el método de contrastes (Buchheit, Mendez-Villanueva, Delhomel, Brughelli, & Ahmaidi, 2010; Chelly et al., 2010).

#### **4.3.1- Fuerza útil**

Concepto de gran importancia en el análisis de la producción de fuerza en el ámbito de la actividad deportiva, corresponde a "la fuerza manifestada a la velocidad específica y en el tiempo específico del gesto en competición" (González y Ribas, 2002). En realidad la Fuerza específica es un valor de fuerza dinámica máxima relativa, con la particularidad que es manifestado en unas condiciones determinadas, las condiciones propias de la competición. La optimización de esta manifestación de fuerza es el objetivo central del entrenamiento deportivo, ya que su mejora guarda estrecha relación con la mejora del rendimiento. Si se piensa en el jugador de fútbol que golpeaba el balón, el objetivo del entrenamiento será que pueda aplicar más fuerza sobre el balón en el breve espacio de tiempo que acontece la acción de juego con objetivo de poder conseguir una mayor velocidad o distancia de golpeo.

#### **4.3.2- Fuerza explosiva**

El concepto de fuerza explosiva por tanto representa la relación entre la producción de fuerza y el tiempo, siendo la fuerza explosiva máxima el punto de mayor producción de fuerza por

unidad de tiempo. Recordar que no que hay que confundir altos niveles de fuerza explosiva o fuerza explosiva máxima con velocidad de movimiento. Los movimientos explosivos no son exclusivamente los que se producen a gran velocidad sino los que provocan altas o máximas producciones de fuerza en el tiempo, y esto se puede dar tanto ante cargas más bajas movilizadas a gran velocidad, como ante cargas altas movilizadas a baja velocidad..

En la literatura internacional este concepto es conocido como Rate of Force Development o RFD significando desarrollo o producción de fuerza en el tiempo. Si se realizan infinitas medidas de fuerza explosiva en la curva fuerza tiempo, encontraremos un punto donde este valor es el más alto, este punto es conocido como fuerza explosiva máxima. La fuerza explosiva máxima representa la máxima producción de fuerza por unidad de tiempo en toda la curva, siendo conocida en la literatura internacional como RFDmax o MRFD. Este valor de fuerza es medido en intervalos de 1 a 10 ms y se ha producido antes de los 100 ms tras haber iniciado la producción de fuerza (González Badillo y Ribas, 2002). Por último apuntar brevemente que cualquier programa para la optimización de la manifestación de fuerza se basa en una mejora de esta curva, ya sea por una mejora en la producción máxima de fuerza (fase alta de la curva), pero sobre todo por buscar una mejora de la relación entre la producción de fuerza y el tiempo. En el ámbito deportivo del rendimiento, donde el tiempo de acción es finito un desplazamiento de la curva a la izquierda va a significar que los sujetos son capaces de aplicar más fuerza en sus ejecuciones y a mayor velocidad de modo que la fuerza aplicada final sobre el instrumento o su propio cuerpo será mayor y más efectiva.

### 4.3.3- Efectos del entrenamiento de fuerza

Cuando se diseña un plan de entrenamiento para la mejora del rendimiento, lo que se está buscando es la aplicación sistemática y organizada de una serie de estímulos o cargas con el objetivo de desencadenar procesos de adaptación y de ese modo elevar la capacidad de rendimiento del sujeto. Ya a principios de la primera mitad del siglo XX el científico Hans Selye expuso sus ideas al hablar del Síndrome General de Adaptación o SGA, un sujeto se encuentra en estado de homeostasis, cuando un agente externo (como pueda ser una carga de entrenamiento) rompe este estado, el organismo reacciona desencadenando toda una serie de respuestas biológicas para recuperar la situación de homeostasis, esta recuperación incluso supera los niveles de capacidad iniciales lo que es conocido como supercompensación. Entrenar, optimizar el rendimiento significa provocar pequeños y continuos procesos de supercompensación con objeto de incrementar la capacidad de rendimiento de forma estable, en palabras de García, Navarro y Ruiz (1996:32) "es el resultado de someter al organismo a continuos y prolongados procesos de adaptación rápida, provocando situaciones posteriores de adaptaciones más estables".

Cuando se habla de entrenamiento de fuerza, aquello que se busca es la aplicación organizada y sistemática de unas series de estímulos de entrenamiento orientados al desarrollo y mejora de algún elemento de las manifestaciones de fuerza expuestas en el punto anterior.

Los mecanismos responsables de esta mejora en la manifestación de fuerza han sido estudiados en la literatura, siendo agrupadas las adaptaciones en torno a 2 grandes bloques:

## **A- Efectos estructurales:**

Las adaptaciones de tipo estructural o morfológico hacen referencia al crecimiento y proliferación de las distintas estructuras involucradas en los procesos de manifestación de fuerza. Diferentes trabajos han relatado la relación entre la exposición a procesos de entrenamiento para el desarrollo de la fuerza, la mejora en su manifestación y el aumento de sección de transversal del músculo (Harris, Stone, O'Bryant, Proulx y Johnson, 2000; Kraemer y Ratames, 2004; Cormie, McBride y McCaulley, 2009; Ronnestad, Hansen, Raastad, 2010; Schoenfeld, 2013).

En relación con el elemento contráctil, dos son los procesos que explican las adaptaciones morfológicas o estructurales tras procesos de entrenamiento, la hipertrofia y la hiperplasia. La hipertrofia fibrilar hace referencia al crecimiento de la fibra muscular como consecuencia de un incremento del número y talla de las miofibrillas (Schoenfeld, 2013), siendo el protagonista principal del crecimiento de la sección transversal. La hipertrofia fibrilar muscular provocará un incremento del material contráctil muscular y por tanto de los puentes cruzados

disponibles para generar tensión muscular.

Los estudios parecen mostrar una hipertrofia más acusada en fibras tipo II tras entrenamiento de fuerza tras fases tempranas de entrenamiento (Hakinen, 1981; Aagard, Andersen, Dyhre-Poulsen, 2001), mientras que a largo plazo la hipertrofia se produce tanto en fibras tipo I como las fibras tipo II (Folland y Williams, 2007; Schoenfeld, 2013).

La hiperplasia hace referencia al incremento de fibras musculares y ha sido el otro

procesos que ha captado el interés de los investigadores para explicar el aumento de la talla muscular, sin embargo los estudios realizados muestran resultado controvertidos. Folland and Williams (2007) afirman que el tema de hiperplasia por cuestiones éticas en humanos es un tema ampliamente desconocido, pero que en caso de acontecer esta tiene un peso pequeño en relación al peso que presenta la hipertrofia. Además del incremento del elemento contráctil, se ha demostrado que el entrenamiento sistemático de fuerza va a estimular la producción de colágeno (Golberg, Etlinger, Goldspink, y Jablecki, 1975). , favoreciendo el aumento de la cantidad de tejido conectivo propio músculo. Esto tiene importancia en la optimización de la manifestación de fuerza ya que una fibra muscular que se acompaña de un mayor componente de tejido conectivo provocará que la transmisión de fuerza sea más efectiva. Los tendones en sujetos sometidos a entrenamiento sistemático presentan una mayor engrosamiento así como un mayor stiffness (Kubo, Kaneshisa y Fukunaga, 2002; Reeves y cols, 2003), que se relaciona con una aplicación más rápida y efectiva de la fuerza (Secomb y cols., 2015).

### **B- Efectos funcionales:**

Tras someter al organismo a estímulos sistemáticos de sobrecarga los cambios producidos no se localizan solo a nivel estructural, diversas evidencias muestran que existen otros elementos involucrados en la mejora de la capacidad de manifestar fuerza, estos elementos son agrupados bajo el nombre de adaptaciones de tipo neural o funcional y están relacionados con el funcionamiento del sistema nervioso y su participación en el proceso de

contracción

muscular.

Estas adaptaciones se relacionan con un aumento de la sincronización y número de unidades motrices reclutadas (Willmore y Costill, 2008), un aumento en la frecuencia de disparo de las alpha-motoneuronas a las fibras musculares (Enoka, 2002) y una mejora de la sincronización entre los distintos músculos que participan en la acción (Cornie y cols., 2009; 2011). En la literatura estas adaptaciones han sido recogidas bajo el nombre de mejora de la coordinación intramuscular e intermuscular.

Diversas son las evidencias tanto directas como indirectas que encontramos para justificar este tipo de adaptaciones. Entre las indirectas seguramente la más utilizada es la relativa al desproporcionado incremento entre la manifestación de fuerza y la talla muscular, fundamentalmente en la primeras etapas de entrenamiento. Tras la realización de un programa de entrenamiento de fuerza se constata habitualmente un incremento más acentuado en las primeras fases de trabajo, este incremento no guarda relación con el aumento de tamaño muscular el cual acontece progresivamente a lo largo del proceso. El aumento de talla muscular explica una parte de esta mejora, pero existe un parte de la mejora que queda inexplicada y que es atribuida a la mejora de los procesos neurales.

Otra evidencia indirecta incluso más clara de la participación de este tipo de factores se constata al someter a un sujeto a un entrenamiento de optimización la fuerza máxima. Los resultados muestran como el incremento de la fuerza en una acción dinámica máxima (RM) es desproporcionadamente más alto que el de una acción isométrica máxima (Rutherford y Jones, 1986; Don, Bollerup, Bonde Petersen, 1979).

Si las mejoras se debieran exclusivamente a la mejora de talla muscular deberíamos encontrar mejoras proporcionales independientemente del tipo de contracción realizada, sin embargo esta diferencia nos invita a pensar que algo está pasando en las formas y vías en que se reclutan las unidades motrices para la realización de la acción.

#### **4.4- El método pliométrico**

El ejercicio pliométrico hace referencia a aquellas actividades que permiten a un músculo alcanzar su fuerza máxima en el menor tiempo posible. El término pliométrico es una combinación de dos étimos griegos que literalmente significan «aumento de la longitud» (plio = más; metrico = medida) (Wilt, F; 1975). Desde un punto de vista práctico, la definición de ejercicio pliométrico es un movimiento potente y rápido por medio de un preestiramiento o contramovimiento, en que interviene el ciclo de estiramiento-acortamiento (CEA) (Wilk, KE et al., 1993). El propósito del ejercicio pliométrico es aumentar la potencia de los movimientos posteriores mediante el uso tanto de los componentes elásticos naturales del músculo y el tendón como del reflejo de estiramiento. Para aplicar eficazmente la pliometría como parte de un programa de entrenamiento, es importante entender: (1) la mecánica y fisiología del ejercicio pliométrico; (2) los principios del diseño de programas de entrenamiento pliométrico, y (3) los métodos para practicar con seguridad y eficacia ejercicios pliométricos específicos.

#### **Fisiología y mecánica de la pliometría**

Los movimientos funcionales y el éxito atlético dependen de la correcta función de todos los músculos activos y de la velocidad a la que se aplican esas fuerzas musculares. El término

usado para definir esta relación entre fuerza y velocidad es potencia. Cuando se usa correctamente, el entrenamiento pliométrico ha demostrado de manera convincente que mejora la producción de fuerza y potencia musculares (Hewett et al., 1996; Svantesson et al., 1994). Este aumento de la producción de potencia se explica mejor con dos modelos propuestos: uno mecánico y otro neurofisiológico (Wilk et al., 1993).

### **Modelo mecánico del ejercicio pliométrico**

En el modelo mecánico, la energía elástica de los componentes musculotendinosos aumenta mediante un rápido estiramiento y, a continuación, se almacena. Cuando a este movimiento le sigue inmediatamente una acción muscular concéntrica, la energía elástica almacenada se libera y aumenta la producción total de fuerza. (Asmussen et al., 1974; Cavagna et al., 1965; Hill et al., 1970).

De los numerosos elementos del modelo mecánico, el componente elástico en serie (CES) es la central energética del ejercicio pliométrico. Aunque el CES comprenda algunos elementos musculares, son los tendones los responsables de la mayor parte del CES. Cuando se estira la unidad musculotendinosa, como en una acción muscular excéntrica, el CES actúa como un muelle y se elonga, y mientras se elonga, se almacena energía elástica. Si el músculo comienza una acción concéntrica inmediatamente después de la acción excéntrica, la energía almacenada se libera y permite que el CES contribuya a la producción total de fuerza devolviendo de forma natural los músculos y tendones a su configuración normal no estirada. Si no ocurre inmediatamente una acción muscular después de la acción excéntrica, o si la fase excéntrica es demasiado larga o requiere un movimiento excesivo de una articulación dada, la energía almacenada se disipa y se pierde en forma de calor.

### **Modelo neurofisiológico del ejercicio pliométrico**

El modelo neurofisiológico comprende la potenciación (cambio en las características de la fuerza-velocidad de los componentes contráctiles del músculo causado por el estiramiento) de la acción muscular concéntrica mediante el uso del reflejo de estiramiento (Bosco et al., 1982). El reflejo de estiramiento es la respuesta involuntaria del cuerpo a un estímulo externo que estira los músculos. Este componente reflejo del ejercicio pliométrico se compone principalmente de la actividad de los husos musculares. Los husos musculares son órganos propioceptores sensibles al ritmo y magnitud de los estiramientos; cuando se detecta un rápido estiramiento, aumenta de forma refleja la actividad muscular (Matthews, PBS, 1990). Durante los ejercicios pliométricos, los husos musculares se estimulan mediante un rápido estiramiento que causa una acción muscular refleja. Esta respuesta refleja potencia, o aumenta, la actividad del músculo agonista, con lo cual aumenta la fuerza que produce el músculo (Bosco et al., 1982). Al igual que en el modelo mecánico, si a un estiramiento no le sigue de inmediato una acción muscular concéntrica (es decir, si transcurre demasiado tiempo entre el estiramiento y la acción concéntrica o movimiento durante un intervalo demasiado grande), se niega la capacidad potenciadora del reflejo de estiramiento. Aunque es probable que tanto el modelo mecánico como el neurofisiológico contribuyan al aumento de la producción de fuerza durante el ejercicio pliométrico (Asmussen & Bonde, 1974; Cavagna et al., 1965; Kilani et al., 1989), sigue siendo incierto el grado en que contribuye cada modelo. Se necesitan nuevos estudios de investigación para mejorar nuestro conocimiento sobre ambos modelos y sus papeles respectivos en el ejercicio pliométrico.

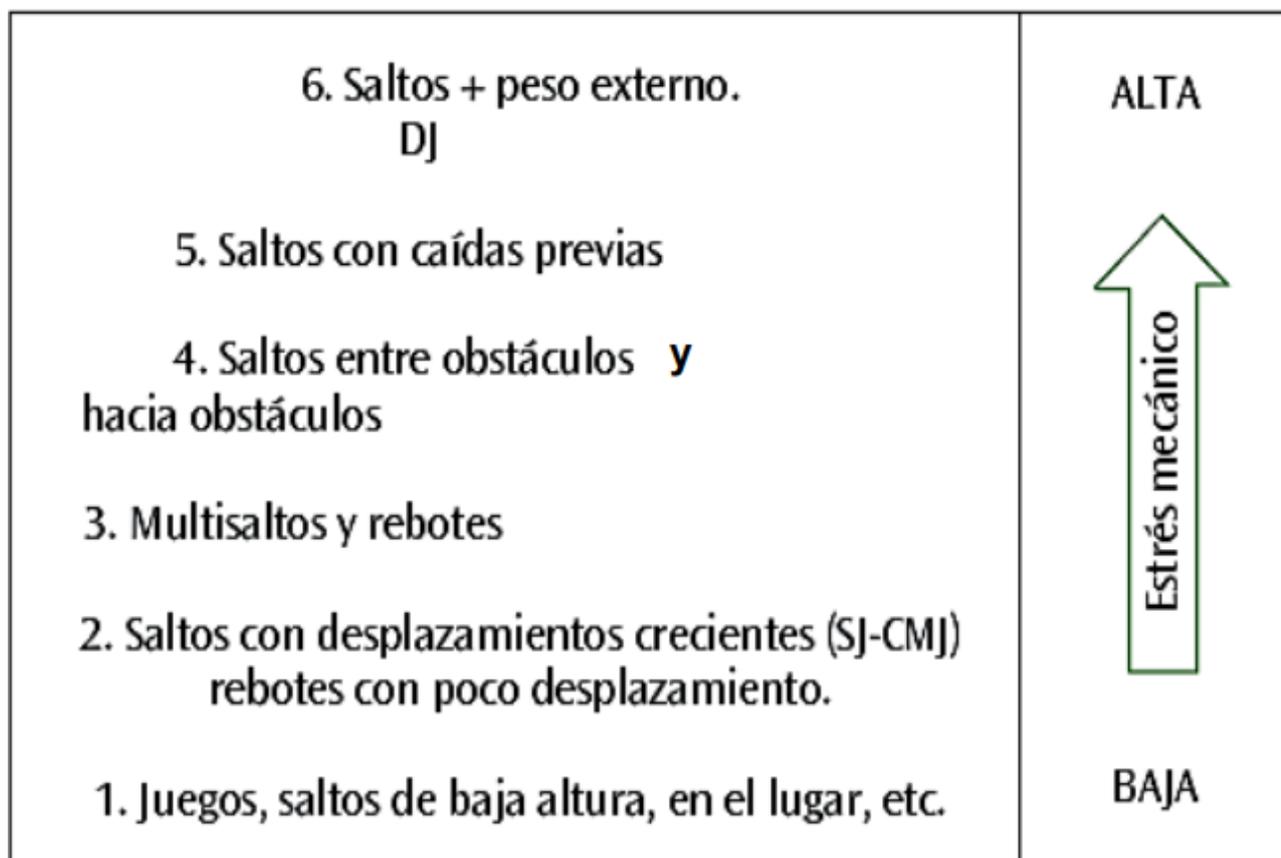
### **Metodología para aplicar los entrenamientos con acciones de CEA**

En la enseñanza de los movimientos que se manifiesta mediante el CEA debe comenzar desde los inicios de la preparación deportiva (en la infancia). Sin embargo, el entrenamiento sistematizado con volúmenes concretos medianamente elevados solo podrá implementarse en etapas más avanzadas, cuando se alcancen adaptaciones anatómicas y funcionales básicas. Como norma general se ha indicado que los deportistas no deben comenzar a realizar volúmenes elevados de entrenamiento pliometrico (saltos con caída previa DJ) hasta que no sean capaces de movilizar en un ejercicio (como la sentadilla) entre 1,5 y 2,5 veces su propio peso corporal (de peso externo) (Kutz MR, 2003). No obstante, la realización de técnicas de saltos menos exigentes o pliometria de bajo impacto (saltos en el sitio o con mínimos alturas) pueden ser aplicados en la mayoría de los deportistas en cuanto éstos son capaces de amortiguar las cargas durante la fase de caída con una técnica adecuada (McNeely MS, 2007). Por ello en las fases iniciales (formación deportiva), es fundamental enseñar a efectuar la correcta ejecución de la mayor cantidad de saltos posibles, enfatizando especialmente el aprendizaje de las técnicas de aterrizaje o caídas (fase de amortiguación) y a la capacidad de iniciar la contracción concéntrica inmediatamente después de la acción de aterrizaje, antes de pasar a estímulos de una intensidad más elevada.

Como regla general, un atleta no debe utilizar los saltos como estímulo de entrenamiento pliometrico si no domina correctamente la técnica de amortiguación. Comprender y realizar de forma correcta la amortiguación puede marcar la diferencia entre conseguir un entrenamiento efectivo o, por el contrario, lesivo. (Cissik JM, 2004). Una correcta técnica de amortiguación implica: mantener las rodillas alineadas sobre los pies, con una ligera inclinación anterior del tronco, la columna alineada (evitar lordosis lumbar acentuada) y la cabeza erguida.

En la tabla 1 se clasifican los ejercicios de saltabilidad según la intensidad y grado de estrés muscular que determinan especialmente durante la fase de aterrizaje (pico de fuerza).

**Tabla 1.** Propuesta metodológica de progresión en el entrenamiento de la saltabilidad (C.E.A. largo y corto) (Naclerio 2011, adaptado de Chu, 1996).



### Condiciones para el correcto desarrollo del entrenamiento de saltabilidad

Una de las premisas más importantes a tener en cuenta a la hora de desarrollar correctamente este tipo de entrenamiento es que el deportista no debe estar cansado o fatigado. Dicho esto, nunca deben aplicarse los entrenamientos para mejorar la capacidad de salto después de haber realizado altos volúmenes de entrenamiento de fuerza o resistencia (Ebben WP, 2007).

Todas las acciones de salto o pliometría deben ejecutarse con el mayor rendimiento posible (100%) de lo contrario se desvirtuarán los efectos del entrenamiento hacia otras capacidades más relacionadas con la resistencia y no con el incremento de la fuerza explosiva, velocidad y potencia de movimiento (McNeely, 2007).

### Frecuencia de los entrenamientos

Lo ideal es entre 2 o como máximo 3 veces por semana, a no ser que se estén alternando trabajos de pliometría de extremidades superiores e inferiores (Ebben WP, 2007). En un periodo de aprendizaje es suficiente con la realización de dos sesiones por semana (McNeely, 2007). En lo que coinciden la mayor parte de los investigadores es en la necesidad de respetar al menos un día de descanso (sin trabajo pliometrico) entre dos sesiones consecutivas.

### **Volumen del entrenamiento de saltabilidad**

La cantidad se mide a través del número de contactos de los pies con el suelo. Este volumen varía de acuerdo con el nivel de rendimiento de cada deportista. Hay autores que recomiendan que los principiantes no superen los 20 saltos (Adams T, 1984), mientras que otros recomiendan mantener un volumen de 80-100 contactos (Cronin JB, 2002) o de 60-150 contactos por sesión. En la tabla 2 se muestra el número de contactos por sesión en función del nivel de rendimiento y la intensidad de los saltos (Mc Neely, 2007).

**Tabla 2.** Número de contactos por sesión en función del nivel de rendimiento y la intensidad de los saltos. (McNeely, E; 2005)

| Nivel        | Baja intensidad | Media intensidad | Alta intensidad |
|--------------|-----------------|------------------|-----------------|
| Principiante | 80              | 60               | 40              |
| Intermedio   | 100             | 80               | 60              |
| Avanzado     | 140             | 120              | 100             |

De cualquier manera, el número de saltos por serie o por sesión debe estar determinado en todo momento por:

- La calidad de la ejecución técnica.
- La altura del salto posterior.

Estas dos variables han de ser máximas durante toda la sesión por lo que un empeoramiento en alguna de ellas indicara que el volumen de saltos es excesivo. El límite del volumen máximo de saltos se alcanza antes de que el deportista comience a percibir sensaciones de cansancio y, por lo tanto, es muy fácil y habitual superar ese límite sin darse en cuenta. En este aspecto, es mejor quedarse corto que excederse (Verkhoshansky Y, 1999).

Michael Boyle en su libro "Functional Training for sports" (2003), expresa que la progresión hacia la pliométrica se debe basar en la enseñanza de la técnica del salto, para desarrollar la capacidad de aterrizar con gran estabilidad y para poco a poco introducir el componente elástico de los saltos. Se debe enseñar a los deportistas a coordinar la fuerza del tren inferior (extensión de la cadera) y del tren superior (impulso de los brazos), y aterrizar con suavidad aprendiendo a absorber fuerzas con los músculos, no con las articulaciones

Un defecto involuntario de muchos programas de entrenamiento pliométricos es que la programación está muy influenciada por el atletismo. Puesto que el atletismo es puramente sagital, muchos programas tienden a hacer saltos solo hacia delante, y a descuidar el plano frontal, que es tan importante en la mayoría de los deportes de equipo. (Boyle M, 2003)

El autor expresa que un deportista debe ser capaz de aplicar fuerza no solo hacia delante, sino también hacia la izquierda y hacia la derecha. La influencia del atletismo y su naturaleza inherentemente sagital se nota mucho en las áreas de velocidad y entrenamiento pliométrico.

Aunque algunos autores han argumentado que el EP es perjudicial para los jugadores jóvenes, ya que aumenta el riesgo de lesiones y retraso en el crecimiento, estos problemas son fácilmente evitables si se sigue un régimen apropiado para la edad (Behm et al., 2008 ; Faigenbaum et al., 2009 ). Las pautas actuales para la juventud ( Behm et al., 2008 ; Faigenbaum et al., 2009 ) requieren que el EP se lleve a cabo en 2-3 días no consecutivos por semana durante 8-10 semanas, y que el volumen de entrenamiento debe ser relativamente baja (generalmente, aproximadamente 60 contactos por sesión y aumentando a no más de 120 contactos por sesión) ( Ramírez-Campillo et al., 2013 ). En términos de eficacia, un estudio reciente en jugadores de fútbol masculinos jóvenes ( Chaabene y Negra, 2017) indicaron que durante 8 semanas de entrenamiento, un programa de alto volumen no tuvo mayores efectos que un programa de bajo volumen en el tiempo de sprint, el rendimiento de cambio de dirección (CODP) o el rendimiento de saltos.

La efectividad del entrenamiento de bajo volumen, que resulta como un programa pliométrico de alto volumen efectivo en jugadores de fútbol jóvenes, podría explicarse por la naturaleza

intermitente de la actividad de los jugadores de fútbol jóvenes durante los partidos. De hecho, el tiempo total de partido se caracteriza por el 11% del tiempo de reposo y el 9% de la actividad de alta intensidad ( Castagna et al., 2003 ). La cantidad relativamente baja de actividad de alta intensidad y la capacidad de los jugadores jóvenes para recuperarse más rápido del ejercicio intenso que los adultos ( Hebestreit et al., 1993) podría explicar la efectividad del programa pliométrico de bajo volumen en jugadores de fútbol jóvenes.

Un régimen de entrenamiento óptimo para jugadores de fútbol jóvenes también debería mejorar el control postural dinámico (CPD) ( Paillard et al., 2006 ), minimizando el riesgo de lesiones en las extremidades inferiores ( Zech et al., 2010 ) a través de una mayor fuerza de contracción en la parte inferior músculos de las extremidades ( Myer et al., 2006 ) y / o mejora de la propiocepción y el control neuromuscular ( Hewett et al., 2002).

### **Intensidad del entrenamiento de saltabilidad**

Una variable fundamental es la altura que se emplee, tanto si es de caída como de subida. En este caso, se deberá controlar la altura de la que se disponga en materiales auxiliares, así como la propia altura de los saltos, especialmente si se llevan a cabo saltos repetidos. De esta forma, tendrá mayor intensidad el salto que se realiza tras un salto previo de 30 cm de altura que es que se efectúa tras caer de 25 cm de altura (Drop jump).

Asimismo, se deberá controlar el uso de pesos añadidos, como lastres o mancuernas, que junto con el incremento de la altura de caída determina un aumento de la energía cinética que debe amortiguarse al caer y, por lo tanto, también de la intensidad de los saltos realizados.

### **Descansos introducidos en las sesiones de saltabilidad**

El descanso debe ser introducido para prevenir descensos de fuerza aplicada, velocidad y potencia alcanzada en los saltos. Si no se introducen los descansos adecuados entre las repeticiones o series, la fatiga perjudicará la capacidad de aplicar fuerza, se perderá potencia y se distorsionarán los efectos del entrenamiento, que en lugar de mejorar la fuerza explosiva se orientará más hacia las capacidades de resistencia.

En este tipo de esfuerzos de máxima intensidad se produce una depleción de los fosfágenos musculares (ATP y PC) y la fosfocreatina muscular, que deberían ser resintetizados completamente para poder realizar la siguiente repetición con la misma intensidad. De esta manera se propone que la duración de las pausas sea de entre cinco y diez veces mayor que el tiempo del estímulo (Ebben, 2007).

#### **4.5- Métodos de entrenamiento y recomendaciones prácticas**

##### **4.5.1- Salto vertical (SV) y horizontal (SH)**

El salto vertical (SV) se ha utilizado como indicador de la manifestación explosiva de la producción de fuerza, considerándose un parámetro para determinar el rendimiento físico (Stølen et al., 2005). Investigaciones anteriores han definido que el SV puede ser un buen indicador en la detección de talentos en jugadores jóvenes de fútbol que no compiten en la élite (Reilly et al., 2000a; Reilly, Williams, Nevill, & Franks, 2000; Stølen et al., 2005; Williams, Oliver & Faulkner, 2011). Algunos SV están diseñados para medir diferentes cualidades de fuerza. El salto sin contra movimiento (SJ) ha sido utilizado para medir la explosividad del tren inferior bajo condiciones únicamente concéntricas. Por su parte, el salto con contra movimiento (CMJ) evalúa la fuerza de las extremidades inferiores cuando se realiza un ciclo de estiramiento-acortamiento (CEA) (Maulder & Cronin, 2005).

Durante la parte inicial de un sprint (fase de aceleración), la fase de apoyo implica un gran componente de propulsión horizontal (Delecluse, 1997; Mero, 1988). De hecho, se han encontrado mayores fuerzas horizontales que verticales durante la etapa de aceleración (construcción de la velocidad) (Mero, 1988).

Recientemente, se ha definido que los atletas más rápidos poseen un ratio mayor de fuerza horizontal que los corredores más lentos (Kugler & Janshen, 2010) y que la técnica de aplicación de la fuerza es un factor determinante en el rendimiento de velocidad (Morin, Edouard & Samozino, 2011). Estos resultados implican que la capacidad de producir un mayor ratio de fuerza horizontal que vertical puede ser más importante que la propia producción de fuerza en general (Kugler & Janshen, 2010). A pesar de la importancia que tiene la fuerza en el componente horizontal (Rønnestad, Kvamme, Sunde & Raastad, 2008), son pocos los estudios que han analizado este aspecto en el fútbol (Katis & Pellis, 2009; Rønnestad et al., 2008).

Una investigación reciente realizada con jóvenes futbolistas ( $14.1 \pm 2.4$  años) expone que mejorar la capacidad de producción de fuerza horizontal puede ser eficaz para mejorar el rendimiento de sprint en distancias cortas (Buchheit et al., 2014). Por tanto, pueden ser necesarios más estudios que analicen el salto horizontal (SH) en el fútbol haciendo una diferenciación por categorías, edades o niveles.

Consecuentemente, es abundante la literatura sobre la importancia e influencia de las características antropométricas y condicionales para que el jugador desempeñe mejor sus funciones dentro de un puesto específico y alcance, por tanto, un rendimiento óptimo (García-Pinillos et al., 2014).

#### 4.5.2- Pliometría en el fútbol

La mayoría de acciones de alta intensidad que realiza el futbolista están gobernadas por el CEA (Ramírez-Campillo, Burgos et al., 2015); por esta razón, su inclusión dentro de los programas de entrenamiento puede considerarse como un estímulo altamente específico, de gran transferencia para el rendimiento de acciones como el salto, el sprint lineal y la capacidad de cambio de dirección (Buchheit et al., 2010; Michailidis et al., 2013; Söhnlein, Müller, & Stöggl, 2014).

Este tipo de entrenamiento mejora la capacidad del músculo-tendón para producir niveles máximos de fuerza en cortos periodos de tiempo (Sáez de Villarreal et al., 2012). Los ejercicios pliométricos se pueden adaptar para entrenar movimientos cortos con CEA de duración entre 100-250 ms o movimientos más largos con CEA de duración mayor a 250 ms (Sáez de Villarreal et al., 2009) lo que facilita la adaptación del entrenamiento pliométrico a los diferentes patrones de movimiento específicos del fútbol, produciendo mejoras en la potencia máxima durante la realización de dichos movimientos deportivos (Chimera et al., 2004; Tricoli et al., 2005; Wilson et al., 1994), principalmente cuando se ejecutan a alta velocidad con una carga baja (Tricoli et al., 2005). Debido al alto grado de especificidad del entrenamiento pliométrico respecto a una gran cantidad de deportes se recomienda su inclusión en programas de mejora de la potencia máxima.

Más específicamente el EP puede desarrollar la capacidad de los jugadores de fútbol de mejorar su control neuromuscular al promover ajustes posturales anticipatorios (Gantchev y Dimitrova, 1996 ; Asadi et al., 2015 ). De hecho, los desafíos de equilibrio y estabilidad durante

el EP pueden resultar en ajustes proactivos y / o de avance que ajustarían las contracciones musculares apropiadas antes del contacto / aterrizaje de cabeceo ( Marigold y Patla, 2002 ; Paillard et al., 2005) Además, el EP parece mejorar la sensibilidad de la vía de retroalimentación aferente durante el ejercicio ( Borghuis et al., 2008 ). Bedoya y col. (2015) sugirieron recientemente que las ganancias observadas en el rendimiento podrían reflejar diversas adaptaciones neuromusculares, como un aumento del impulso neural, una mejor coordinación intermuscular, cambios en el tamaño y la arquitectura muscular, y / o cambios en la mecánica de fibra única, así como cambios en la rigidez mecánica del tendón muscular ( Markovic & Mikulic, 2010 ).

Por lo tanto, todas estas mejoras podrían aumentar el rendimiento y también potencialmente minimizar el riesgo de lesiones en los jugadores de fútbol ( Chimera et al., 2004) Además, el EP es atractivo para los entrenadores de fútbol, porque requiere poco espacio o equipo, y utiliza períodos cortos del tiempo de las sesiones de entrenamiento ( Ramírez-Campillo et al., 2014 ).

Estudios previos han observado que frente a la pliometría vertical u horizontal, la combinación de estas dos orientaciones parece producir mayores mejoras en el rendimiento (Ramírez-Campillo, Gallardo et al., 2015). Además, cuando los ejercicios se aplican incorporando apoyos bilaterales y unilaterales, la mejora de la potencia es mayor que cuando solo se utiliza uno de estos estímulos de forma aislada (Ramírez-Campillo, Burgos et al., 2015). El CEA contribuye menos al rendimiento del salto horizontal que al vertical, porque una carga vertical de la unidad

músculo-tendinosa acumula una mayor energía elástica durante el movimiento en la fase excéntrica (Kawamori et al., 2013 ).

#### **4.5.3- Especificidad del entrenamiento**

El principio de especificidad del entrenamiento, se basa en la adaptación específica al estímulo impuesto (Haff & Triplett, 2016). Desde hace décadas, los avances y estudios en las Ciencias del Deporte han llegado a la conclusión de que la especificidad del entrenamiento influye cada vez más en las adaptaciones provocadas por el entrenamiento en el deportista.

Existe un relativo alto grado de especificidad implícita en cualquier movimiento humano, que conlleva una adaptación tanto de los patrones de movimiento como de las características de fuerza y velocidad de esa acción. Por consiguiente, todas las adaptaciones al entrenamiento son específicas del estímulo aplicado (Naclerio, 2011). De esta forma, las adaptaciones fisiológicas al entrenamiento van a ser específicas dependiente de:

- Las acciones musculares realizadas
- La velocidad, rango y plano de los movimientos
- La amplitud del movimiento
- Los grupos musculares entrenados
- Los sistemas energéticos solicitados
- La intensidad y volumen del entrenamiento
- Dirección del vector de fuerza

Por lo tanto, aunque existen una serie de efectos genéricos del entrenamiento, los programas de fuerza más efectivos serán aquellos diseñados para alcanzar objetivos concretos y específicos.

#### **4.5.4- Multidireccionalidad en el fútbol**

El fútbol es un deporte multidireccional ( Taylor et al., 2017 ) y, en consecuencia, la preparación física debe cumplir con esa característica. Existe una considerable variabilidad en las demandas de carrera en línea recta, movimiento lateral, corte y saltos. Estos datos pueden ser utilizado para reforzar la especificidad del principio de entrenamiento (incluido el tipo de actividad y la dosis), rehabilitación, y programas de prevención de lesiones.

Las demandas específicas del deporte pueden ser parcialmente responsables de altas tasas de lesiones de las extremidades inferiores (p. ej., roturas del ligamento cruzado anterior, desgarros de los isquiotibiales, lesiones en la ingle) que ocurren en deportes multidireccionales.

El entrenamiento por vectores de Fuerza ha sido popularizado por Bret Contreras, basándose en la correspondencia dinámica de Yuri Verkhosansky (2009), que hacía referencia a la capacidad que tenía un entrenamiento de afectar directamente al rendimiento deportivo. Para ello utilizaban ejercicios que trabajaran el mismo grupo muscular, rango de movimiento y dirección del mismo movimiento que se producía en la modalidad deportiva.

Contreras et al (2017) encontraron que ejercicios de empuje horizontal (ej: hip thrust) tienen más transferencia a movimientos que dependen más de la producción de fuerza horizontal (ej:

saltos horizontales, sprines), mientras que ejercicios de orientación más vertical (ej: sentadilla frontal) producen mayores mejoras en movimientos donde la producción de fuerza vertical es + dominante (como saltos verticales)

## **5- Evaluación de la producción de fuerza**

Cuando se inicia un programa de optimización del rendimiento, la evaluación se erige en una parte importante del mismo, aspecto imprescindible en todo proceso que busque información fiable sobre la realidad de los que está sucediendo.

A lo largo de los procesos de práctica se han de tomar decisiones sobre cómo direccionar las mismas, poder construir nuestras decisiones sobre datos fiables y de confianza permitirá que nuestra intervención sea más sólida y fundamentada.

Cuando se habla de evaluar las capacidades de fuerza, su valoración resulta importante para acercarnos a la consecución de diferentes objetivos (González y Ribas, 2002; Mathew y cols., 2011):

1. Controlar la dinámica del proceso de entrenamiento, y los cambios de rendimiento a través del mismo.
2. Valorar la relevancia de la fuerza y la potencia en el rendimiento específico.
3. Predecir resultados futuros.
4. Definir el perfil del deportista: puntos fuertes y débiles.
5. Comprobar los progresos en fuerza y potencia y su relación al rendimiento específico.

6. Prescripción más adecuada de la carga de entrenamiento (intensidad, volumen, series...)  
adaptándolas a las necesidades individuales.
7. Discriminar entre deportistas del mismo y de diferentes niveles deportivos.
8. Contribuir a la identificación de talentos.

Cuando se evalúa la fuerza se puede evaluar la fuerza producida en un punto o entre dos puntos como puede ser la potencia media o la fuerza total manifestada. Esta puede ser evaluada bajo diferentes tipos de activación como puede ser isométrica, Isoinercial (peso libre), excéntrico/isométrico/concéntrico (CEA) y isocinética, tanto en activación concéntrica.

En la actualidad se puede encontrar en el mercado gran cantidad de tecnología para la evaluación de la fuerza, plataformas de fuerza (Cormie, McBride, McCaulley, 2007; Crewther, Kilduff, Cunningham, Cook y Yang., 2010; Hansen, Cronin y Newton, 2011), transductores de posición (Crewther y cols., 2010; Drinkwater, Galna, McKenna, Hunt y Pyne., 2007), acelerómetros (Crewther y cols., 2010; Gomez Piriz, Sanchez, Manrique, González, 2013), servicios de captura de video (Dias, Dal Puppo, Reis, Borges, Santos, Moro y cols., 2011; Nuzzo, Anning, Schanfenberg., 2011), plataformas de contacto (Nuzzo y cols., 2011), o fotocélulas (García Lopez y cols., 2013). Que han ayudado a tener una mayor y más profunda información de la fuerza manifestada.

La siguiente cuestión que a plantear en un proceso de valoración, es sí aquello que se está midiendo es válido para evaluar el rendimiento específico. No se puede pensar que todas

las valoraciones de fuerza son adecuadas para nuestros objetivos. Una valoración o test determinado ya sea de laboratorio o de campo será efectiva en la medida que refleje las exigencias de rendimiento de competición. (Reilly y cols., 2009).

Resulta importante que al seleccionar una tarea de valoración habrá que tener en cuenta aspectos como la estructura de movimiento, la velocidad de ejecución o el tiempo que se aplica de modo que ésta mantenga una estrecha relación con el rendimiento específico en competición.

## 6- TRABAJO DE CAMPO

A continuación, se expondrá el apartado relativo a material y métodos utilizados para la consecución de los objetivos del presente trabajo.

### 6.1- Enfoque experimental del problema

Este trabajo fue diseñado para abordar cómo un programa de entrenamiento pliométrico multidireccional a corto plazo (6 semanas de aplicación) de frecuencia moderada (2 sesiones por semana), que incorpora ejercicios multidireccionales afecta a la capacidad de salto en un grupo de futbolistas.

Antes de las mediciones iniciales, los sujetos fueron asignados aleatoriamente a un grupo control (GC,  $n = 12$ ) y otro grupo experimental (GE,  $n = 15$ ), el diseño del estudio nos permite determinar el efecto de las variables.

### 6.2- Población y muestra

La muestra total ( $n = 27$ ) fue dividida en dos grupos, de forma aleatoria. El grupo control (GC,  $n = 15$ ) con edades comprendidas entre ( $15.3 \pm 0.49$  años), mientras que el grupo experimental (GE,  $n = 12$ ) con edades entre ( $15.3 \pm 0.48$  años), ambos compiten en la Liga de Fútbol Marplatense.

Los criterios de inclusión fueron los siguientes: a) ser jugador de fútbol con una experiencia mínima de 4 años de actividad, b) participar en un mínimo de 6 hs de práctica de fútbol

(entrenamientos técnico-tácticos + físicos + partidos), c) no tener ningún tipo de lesión ni haber estado lesionado en los últimos 3 meses. d) Se excluyeron del estudio quienes no aceptaron el asentimiento informado y el consentimiento informado por parte de sus padres o representantes legales, además de no haber participado en todos los entrenamientos programados.

En cuanto a las consideraciones éticas, se informó el procedimiento y el tratamiento de la información a los participantes y padres/representantes legales a través de una reunión previa a la realización del programa. Este estudio se realizó entre abril y junio del 2019.

### **6.3- Material e instrumentos**

Para la evaluación de la fuerza explosiva de miembros inferiores se utilizó la plataforma de contacto marca AXON (Bioenergía deportiva), dispositivo electrónico de tecnología de contacto que activa un cronómetro automático de alta velocidad programable y envía esta información al software de medición. La alfombra acciona un cronómetro de alta resolución (1mseg) que se encuentra en el programa provisto. La altura y la velocidad de los saltos son calculados a través de las fórmulas de la física clásica, conociendo la gravedad del lugar ( $9,81 \text{ m/s}^2$  a nivel del mar). Si el salto está técnicamente bien ejecutado, la exactitud de la medición es significativamente válida.

Cabe destacar que este es un instrumento cinemático, es decir, describe el movimiento (tiempo, espacio y sus derivadas) sin inferir sus causas. Esto significa que obtendremos de él solamente variables cinemáticas tales como tiempo, espacio y velocidad.

Para el entrenamiento pliométrico se utilizaron los siguientes materiales: a) Escalera de coordinación de 5 m de largo x 0.5 m de ancho; b) 4 vallas plásticas de 20- 30 cm de altura; c) Pelotas medicinales de 5-10kg; d) 10 aros de 40cm; e) Cajones de madera de 10-20-30 cm.

#### **6.4- Procedimiento**

Inicialmente se explicó a los participantes del estudio el protocolo del test y la técnica correcta de ejecución de los saltos a evaluar; posteriormente se realizaron prácticas de los saltos para una correcta ejecución al momento de su valoración. Previo al desarrollo del programa de entrenamiento se evaluaron los saltos Squat Jump (SJ), Countermovement Jump (CMJ), Abalakov (ABK) (Bosco, 1992) y el Salto Horizontal con dos pies (SH)

Se realizó un momento de preparación de 15 minutos, el cual consistió en realizar movilidad articular, activación de la musculatura de los miembros inferiores y cintura pélvica (desplazamientos en diferentes direcciones, sprints 5-10 mts, sentadillas). Este protocolo se realizó tanto en la primera instancia de evaluaciones y al finalizar la intervención.

Todos los saltos fueron repetidos 3 veces con pausa de 1 minuto entre salto. El orden fue el dado anteriormente y con pausa de 3 minutos entre los distintos tipos de salto. Posterior a las 6 semanas de entrenamiento pliométrico, se realizaron nuevamente los test de saltos.

Los saltos evaluados fueron:

- SALTO SQUAT JUMP (SJ)

Analiza la fuerza explosiva en la modalidad de activación muscular con contracción concéntrica. Para realizar correctamente el salto se tuvo en cuenta las siguientes características: Planta de los pies en contacto con la plataforma, flexión de rodillas a 90 grados, manos en la cintura, tronco erguido, realizar el salto logrando extensión total de rodillas y la articulación del tobillo en dorso-extensión.

- SALTO COUNTERMOVEMENT JUMP (CMJ)

Analiza la fuerza explosiva (con reutilización de energía elástica), en la modalidad de activación muscular con contracción concéntrica precedida de una fase muy breve de contracción excéntrica. Para realizar correctamente el salto se tuvo en cuenta las siguientes características: Planta de los pies en contacto con la plataforma, rodillas a 180 grados, manos en la cintura, torso erguido, realiza una flexión de rodillas a 90 grados y realiza un salto extendiendo las rodillas a 180 grados, tobillo en dorso-extensión al momento de volver a caer sobre la plataforma.

- SALTO ABALAKOV (ABK)

Analiza el componente coordinativo (con reutilización de energía elástica y cuantifica la influencia coordinativa de los brazos en el salto), modalidad de activación muscular: contracción concéntrica precedida de una fase muy breve de contracción excéntrica, se realizó

con el fin de evaluar la variable dependiente la cual consta del componente elástico, componente contráctil e índice de elasticidad (Bosco, 1994). El salto se realiza partiendo desde una posición erecta, y se debe tener las manos y brazos libres con el fin de ser utilizadas de forma coordinada y sincronizada con la acción de flexo-extensión de las piernas. El deportista flexiona las articulaciones de rodilla (en un ángulo libre) y salta buscando la mayor altura posible manteniendo el cuerpo estirado durante la fase de vuelo, y cae en el lugar de partida.

- SALTO HORIZONTAL (SH)

Fue realizado para medir la fuerza explosiva de las extremidades inferiores en la aplicación de fuerza horizontal. Se utilizó una cinta métrica estándar (30m M13; Stanley). Los sujetos, de pie, con los pies colocados justo detrás de la línea (marcada con cinta) y con los brazos relajados a los lados del cuerpo, debían impulsarse para saltar la máxima distancia horizontal fue instruida para ejecutar una caída controlada y mantener el equilibrio sobre ambas piernas hasta que el evaluador registrase(2-3 seg) la posición de caída. La distancia se midió en cm desde la punta del pie (salida) hasta el talón en la posición de salida. Cada participante realizó 2 intentos con 30 seg de recuperación entre saltos. El mejor intento fue seleccionado para el posterior análisis.

### **6.5- Programa de entrenamiento**

El programa de entrenamiento pliométrico propuesto tuvo lugar 2 días a la semana (martes y viernes) durante 6 semanas de tratamiento. Cada intervención duró 40 minutos, utilizando el primer momento de las sesiones para destinarlo a la puesta en práctica. El mismo consistió en

destinarle 15' a la preparación para el movimiento con ejercicios orientados a la movilidad de los núcleos articulares más implicados, estiramientos dinámicos; posturas enfocadas a la activación del Core (de manera estática y dinámica), técnica de aterrizaje con diferentes apoyos (bilaterales, bilaterales asimétricos y unilaterales); desplazamientos en diferentes direcciones (frontal-lateral-diagonal) y sprints de 10/20 mts.

El enfoque central estuvo en el segundo momento con ejercicios pliométricos multiplanares (vertical, Horizontal, Lateral, Rotacional), orientados en un primer momento a la adaptación estructural del tendón de Aquiles y la correspondiente musculatura intrínseca del pie.

Luego en la fase de aterrizaje el objetivo fue la absorción de fuerzas horizontales y verticales. Poniendo énfasis en modificar los apoyos al inicio y al final del movimiento, esto lleva a un aprendizaje y diferenciación de las opciones de salto según la dirección.

De esta manera se fue progresando hacia el desarrollo de la máxima capacidad de CEA, con foco en el mínimo tiempo de contacto y el desarrollo de absorción-descarga de energía (capacidad elástica).

Como los jugadores no tenían antecedentes de pliometría formal, todos los ejercicios fueron supervisados y se prestó especial atención a la demostración y ejecución. Se destacaron cuatro focos de corrección de la técnica básica: (a) postura correcta (es decir, columna vertebral erecta, hombros hacia atrás) y alineación del cuerpo (es decir, pecho sobre rodillas) durante todo el salto; (b) saltar hacia arriba para saltos verticales, sin movimientos excesivos de lado a lado o hacia adelante y hacia atrás; (c) aterrizajes suaves con una flexión de rodillas

y bajando el centro de gravedad; y (d) preparación instantánea de retroceso para el próximo salto. Finalmente, se respetaron algunos principios para obtener los beneficios óptimos de las sesiones pliométricas. Cada sesión se centró en la combinación de la potencia vertical (movimiento en una dirección vertical) y la otra en la potencia horizontal (movimiento en una dirección horizontal). Todos los ejercicios se adaptaron a la capacidad de coordinación y se realizaron con la mayor velocidad de ejecución posible, siempre respetando el control de la misma. Ningún ejercicio duró más de 10 segundos para garantizar que la energía muscular se produjera principalmente por degradación intramuscular de fosfágenos, y se dio un período de descanso de 90 segundos entre cada serie de ejercicios para permitir la resíntesis de fosfágenos.

Las sesiones de entrenamiento se separaron con 48 hs de descanso (incluidos los juegos) para garantizar que los jugadores estuvieran siempre frescos para entrenar.

Aparte de la intervención de capacitación formal, todos los participantes asistieron a sus clases regulares de educación física.

El GC realizó ejercicios técnicos de fútbol para equiparar el entrenamiento total y llevó a cabo los mismos protocolos de prueba que el GE.

El tratamiento se realizó antes del inicio de la sesión regular de entrenamiento de fútbol. Los sujetos fueron instruidos para evitar cualquier actividad física extenuante, además de la intervención de entrenamiento programada, durante la duración del experimento. Además, se

alentó a los sujetos a mantener sus niveles normales de hidratación, sueño y hábitos alimenticios durante el estudio.

La intensidad del ejercicio se determinó como alta, en la escala del 1 al 10 (Impellizzeri 2004) y el volumen de ejercicio bajo (es decir, contactos totales con el suelo) (Ramírez-Campillo 2013.).

La carga semanal se calculó con la siguiente fórmula: intensidad  $\times$  volumen. El programa se periodizó en 6 microciclos progresivos.

Aunque no aumentamos el volumen de entrenamiento durante el período de 6 semanas, ya que usamos ejercicios pliométricos de alta intensidad realizados con el máximo esfuerzo, se aplicó un estímulo de entrenamiento adecuado durante cada sesión pliométrica, como se demostró previamente en niños pequeños y futbolistas (Maio Alves JM 2010).

#### **6.6- Análisis estadístico**

El análisis estadístico se realizó con el programa R versión 4.0.2 para Windows. Los resultados se presentan como media  $\pm$  desviación típica (DT). Para determinar la normalidad de los datos se utilizó el test de Shapiro-Wilk y se llevaron a cabo técnicas estadísticas paramétricas. Para el análisis estadístico se utilizó el mejor resultado obtenido en cada test (Los Arcos et al., 2014).

En cuanto a las variables dependientes eran la altura (cm) y distancia del salto(cm), y las variables independientes el tipo de entrenamiento que se programó. Se calculó el porcentaje (%) de incremento o decremento en todas las variables.

En el análisis en el GE se observaron mejoras significativas en CMJ (8.2%) y SH (6.9%) entre el inicio y la prueba posterior.

En cuanto a SJ y ABLK no se analizaron diferencias significativas entre el pre-test y el post-test para GC (%11,4) y GE (%11,00) correspondiente.

De forma semejante el índice de elasticidad se evidencio que el GC disminuyo de 7,5% (pre-test) a -2,31% (post-test). En el GE también se observa una disminución de menor significancia en el cual el IE paso de 9,38%(pre-test) a 6,7%(post-test) indicando la necesidad de seguir mejorando en las estrategias para potenciar la eficacia en el aprovechamiento del ciclo estiramiento-acortamiento y de la energía elástica acumulada (González y Gorostiaga, 2002).

Se investigaron las relaciones entre las variables post-entrenamiento del GE con el coeficiente de momento del producto de Pearson. El nivel de significancia se estableció en  $p < 0.05$ .

Para determinar la diferencia entre grupos, se realizó una prueba T de muestras independientes. La significatividad práctica se calculó utilizando el tamaño del efecto (d) de Cohen (Cohen, 1988). Tamaños de efecto mayores a 0.8, entre 0.8 y 0.5, entre 0.5 y 0.2 y menores a 0.2 fueron considerados altos, moderados, bajos y triviales, respectivamente (Cohen, 1988).

## 6.7- Resultados

Con respecto a la capacidad de salto, los jugadores del GE obtuvieron una mayor capacidad de SH ( $p < 0.05$ ;  $d > 0.2$  bajo). Sin embargo, estas diferencias no se observaron en todos los tipos de salto vertical.

En el test de salto vertical sin contra movimiento (SJ) los resultados fueron similares ( $p > 0.05$ ,  $d = 0.3$ , bajo) entre el GE y el GC. En promedio entre los dos grupos post-intervención hubo una mejora de un 11 % en las variables cuantitativas, lo que determina la fuerza explosiva de los miembros inferiores, la capacidad de reclutamiento nervioso y expresa el porcentaje de fibras rápidas FT (Fast Twitch), (Bosco, 1994). Así también como el salto ABLK.

Atendiendo a estos resultados podría ser interesante utilizar los test de salto vertical con ciclo estiramiento-acortamiento y salto horizontal para analizar el rendimiento en jóvenes futbolistas en etapa de formación.

**Tabla 3.** Datos descriptivos del (GC) y (GE) (Mean  $\pm$  SD)

|  | CONTROL(GC) | EXPERIMENTAL(GE) |
|--|-------------|------------------|
|  | (n=12)      | (n=15)           |

|             |          |                      |     |       |                         |      |       |
|-------------|----------|----------------------|-----|-------|-------------------------|------|-------|
| PESO (kgs)  |          | 63.91±9.35           |     |       | 63.33333±6.58           |      |       |
| TALLA (cms) |          | 1.740±0.069          |     |       | 1.736±0.072             |      |       |
| TEST        | MOMENTO  | CONTROL              | d   | VALOR | EXPERIMENTAL            | d    | VALOR |
| EDAD (años) |          | (n=12)<br>15.33±0.49 |     |       | (n=15)<br>15.33333±0.48 |      |       |
| SJ (cm)     | Pre-test | 31.05 ±3.1           | 0.2 | BAJO  | 30.9 ±5.6               | 0.12 | BAJO  |

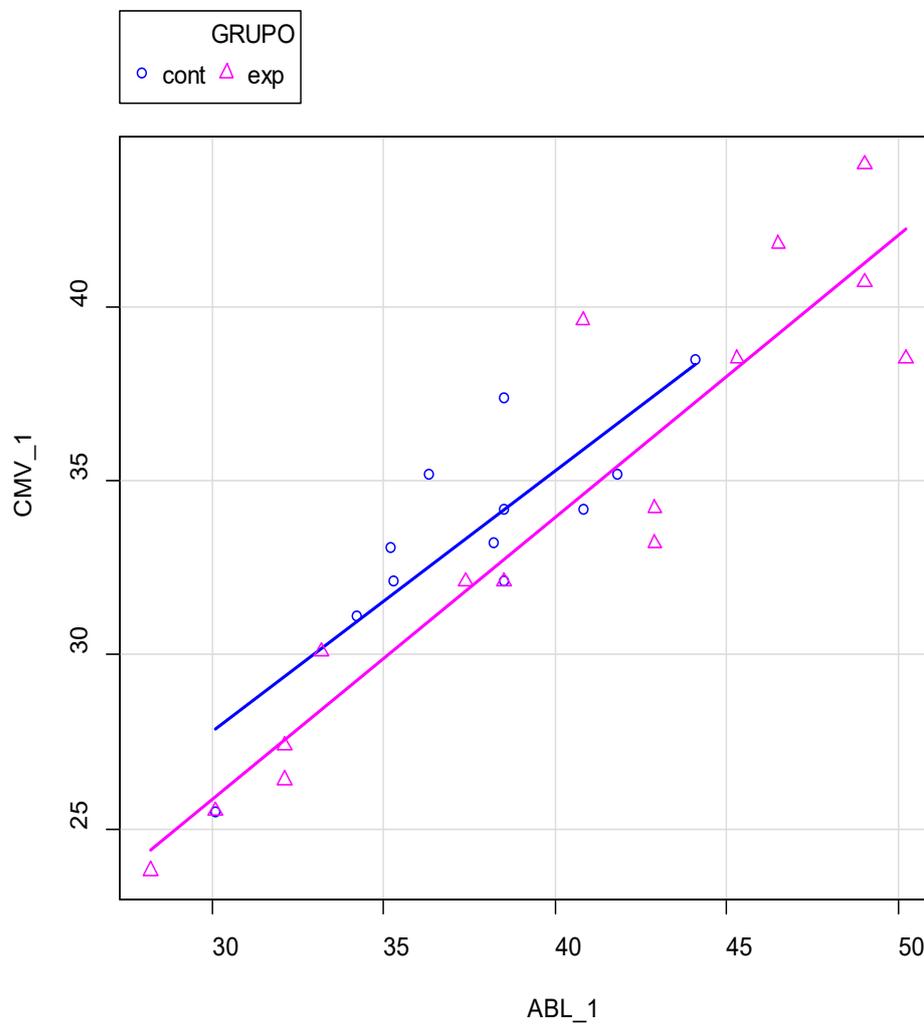
\*Kgs=Kilogramos; Cms= Centímetros;

**Tabla 4.** Media ± SD, Porcentaje de variación, pre y post programa de intervención (valores)

|                |           |                |      |      |                |      |      |
|----------------|-----------|----------------|------|------|----------------|------|------|
|                |           |                |      |      |                |      |      |
|                | Post-test | 34.6 ±2.4      | 0.3  | BAJO | 34.3 ±5.6      | 0.12 | BAJO |
|                | %         | 11.4           |      |      | 11.0           |      |      |
| <b>CMJ(cm)</b> | Pre-test  | 33.4 ±3.3      | 0.17 | BAJO | 33.8± 6.4      | 0.16 | BAJO |
|                | Post-test | 33.8 ± 2.7     | 0.17 | BAJO | 36.6±5.9**     | 0.17 | BAJO |
|                | %         | 0.4            |      |      | 8.2            |      |      |
| <b>ABL(cm)</b> | Pre-test  | 37.6±3.7       | 0.15 | BAJO | 39.8±7.4       | 0.14 | BAJO |
|                | Post-test | 39.4±2         | 0.18 | BAJO | 41.2±7.2**     | 0.15 | BAJO |
|                | %         | 4.7            |      |      | 3.51           |      |      |
| <b>SH(cm)</b>  | Pre-test  | 196.58±12.4 ** | 0.25 | BAJO | 195.86±8.10    | 0.16 | BAJO |
|                | Post-test | 191.58±10.97   | 0.17 | BAJO | 209.33±14.13** | 0.16 | BAJO |

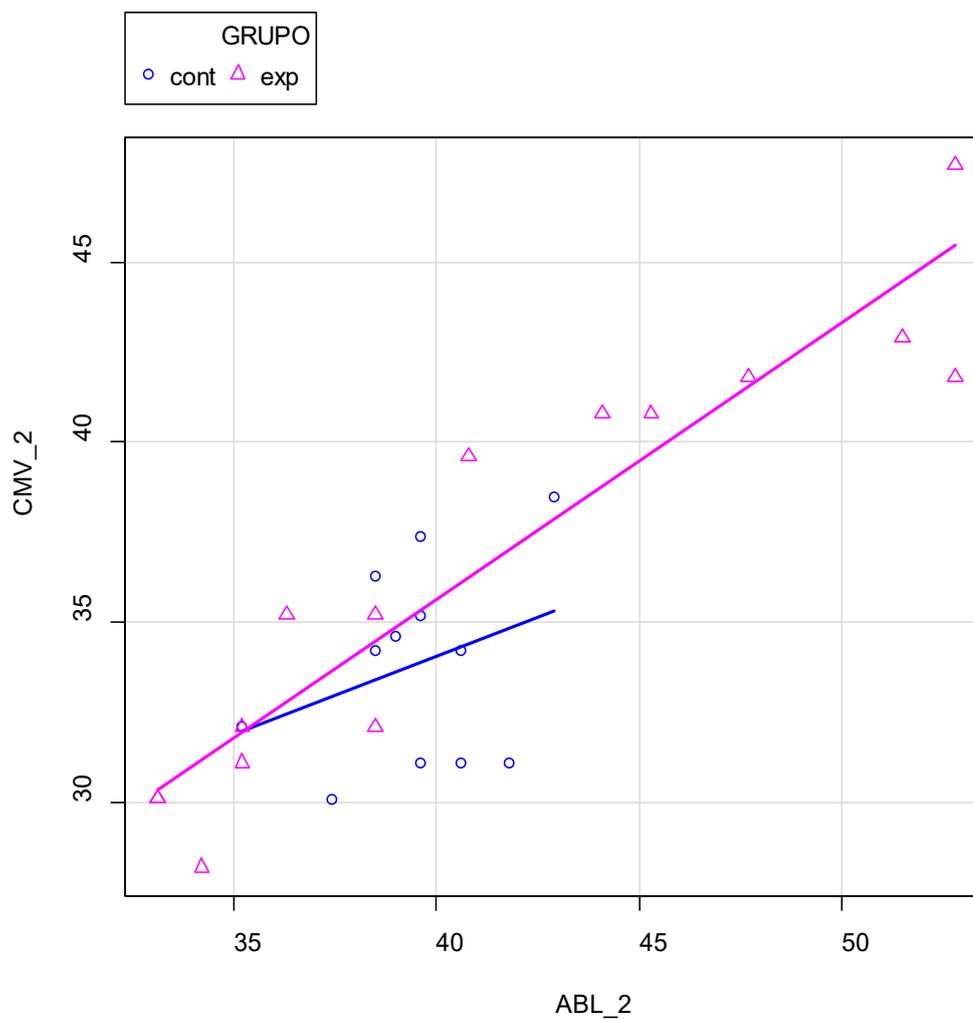
|       |           |            |      |      |              |      |      |
|-------|-----------|------------|------|------|--------------|------|------|
|       | %         | -2.54      |      |      |              |      |      |
|       |           |            |      |      | 6.89         |      |      |
| IE(%) | Pre-test  | 9.35±13.9  | 0.15 | BAJO | 9.84±8.75    | 0.17 | BAJO |
|       | Post-test | -2.26±7.74 | 0.14 | BAJO | 7.06±10.17** | 0.15 | BAJO |

\*SJ= Squat Jump; CMJ=Counter movement jump; ABL=Abalakov; SH=Salto Horizontal; %= Porcentaje incremento; CM= Centímetros; IE= Índice de elasticidad; d= Tamaño del efecto. \*\* Diferencias significativas ( $p < 0.01$ ) entre GC y GE.

**Gráfico 1.** Diagrama de dispersión entre CMV\_1 Y ABL\_1

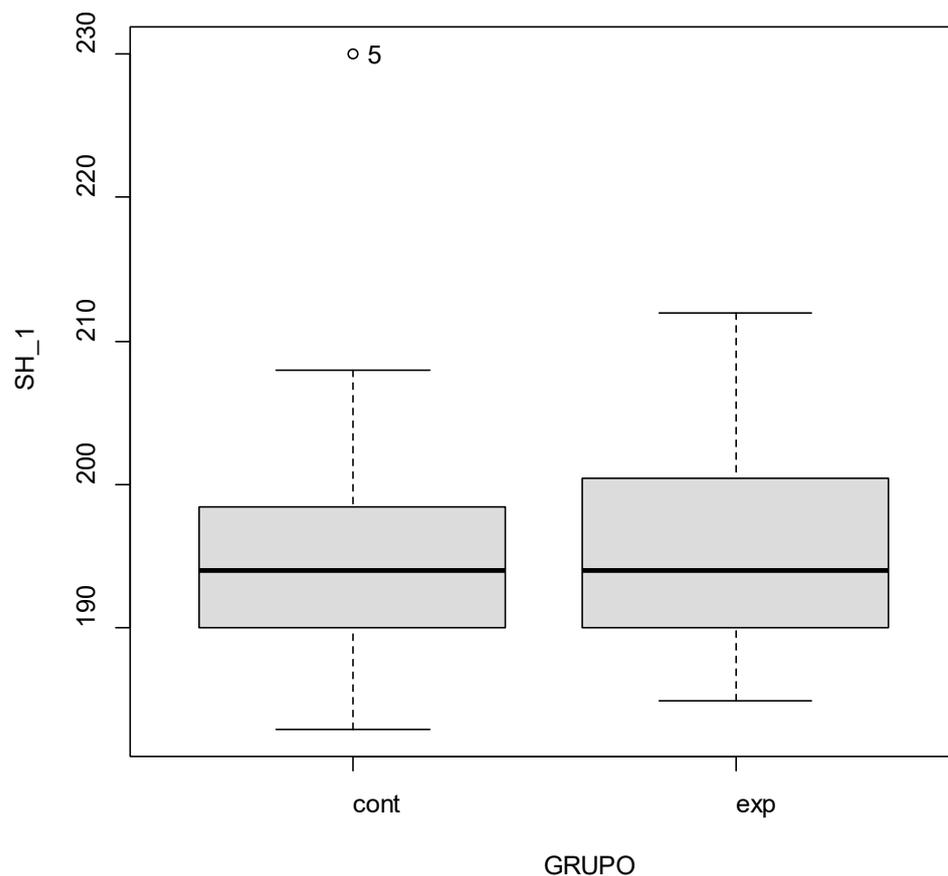
**Nota:** La interpretación del comportamiento general tiene una fuerte relación positiva entre el CMV\_1 y ABLK\_1 tanto para el GC como para el GE, siendo este último una dispersión más amplia de sus valores.

**Gráfico 4.** Diagrama de dispersión (entre CMV\_2 Y ABL\_2)



**Nota:** Para el GC, se observa una relación débilmente positiva. La interpretación del comportamiento del GE tiene una fuerte relación positiva entre el CMV\_2 y ABLK\_2, sumado a una dispersión más amplia en cuanto a sus valores.

**Gráfico 5.** Gráficos de caja; cuartiles y recorrido intercuartil (IQR); salto horizontal\_1 (SH\_1)

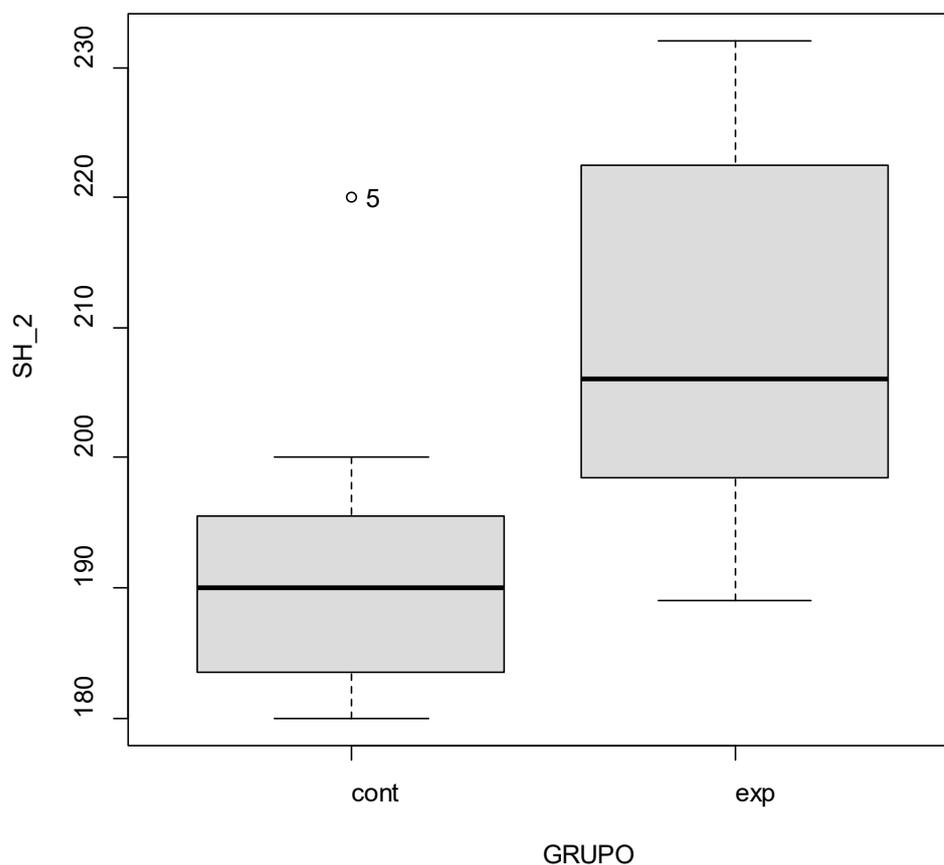


**Control (Cont)** = 7.25(IQR); 183(0%); 191(25%); 194(50%); 198.25(75%); 230(100%),

**Experimental (Exp)** = 10.50 (IQR); 185(0%); 190 (25%); 194 (50%); 200.5 (75%); 212 (100%)

**Nota:** Se interpreta que el diagrama del GE, tiene más variabilidad porque la longitud de la caja es mayor, por ende, su IQR. Y la mediana marca una asimetría positiva. El GC, contiene una distribución simétrica porque la mediana se encuentra en el centro de la caja. .

**Gráfico 6.** Gráficos de caja; cuartiles y recorrido intercuartil (IQR), salto horizontal\_2 (SH\_2)



**Control (Cont)** = 11(IQR); 180(0%); 184.25(25%);190 (50%); 195.25(75%); 220(100%):

**Experimental (Exp)** =24 (IQR); 189(0%); 198.5(25%); 206(50%); 222.5(75%); 232(100%)

**Nota:** Se interpreta que el diagrama del GE, tiene más variabilidad porque la longitud de la caja es mayor, por ende su IQR. Y la mediana marca una asimetría positiva. El GC, contiene una distribución asimétrica negativa porque la mediana se encuentra más cerca del Q3 (tercer cuartil)

## 7-Discusion

El estudio muestra que el EP aplicado dos veces por semana en días no consecutivos produce mejoras sobre la capacidad de salto en jugadores jóvenes de fútbol.

Estos datos demostraron claramente que agregar entrenamiento pliométrico multidireccional en jugadores de fútbol jóvenes moderadamente entrenados parece ser un buen estímulo para mejorar el salto. Además, para los jugadores de fútbol jóvenes que no tienen experiencia previa con entrenamiento pliométrico periodizado, se debe programar una fase de adaptación general para garantizar una técnica de movimiento adecuada y seguridad, y así evitar posibles factores de riesgo. Como resultado, la aplicabilidad del entrenamiento pliométrico combinado junto con el entrenamiento regular de fútbol podría realizarse durante la temporada sin interferencia.

La mejora de la fuerza y la potencia muscular mediante la utilización de entrenamiento pliométrico tiene un amplio consenso en la literatura (Komi, 2003; Ratamess y cols., 2009; Cormie y cols., 2011b) y con mayor acento si cabe en edades adolescentes donde aspectos madurativos y escasa experiencia en este tipo de entrenamiento hacen a los sujetos más sensibles a la mejora (Harries, S.K., Lubens, D.R., Callister, R., 2012).

La discrepancia entre los resultados de este estudio y los estudios anteriores podría atribuirse a varias razones: diferencias en la duración del programa de entrenamiento y por las mayores cargas y volúmenes de entrenamiento utilizados en los estudios; la especificidad del entrenamiento y la habilidad atlética; los jugadores eran muy jóvenes y no especialistas en

entrenamiento pliométrico; las diferencias en el historial de entrenamiento de los jugadores de fútbol (es decir, con o sin entrenamiento sistemático de fuerza y potencia); y el nivel competitivo o los procedimientos utilizados para medir el rendimiento del salto vertical pueden explicar estas discrepancias.

Se notó mayor interés en los entrenamientos por parte de las deportistas al saber que se realizaba un trabajo de investigación con su planificación diaria. Al implementar EPM se obtuvo una mejoría en los saltos evaluados resaltando notablemente el SH para el GE (%6.9). Existen cambios en los niveles de fuerza explosiva en el equipo de fútbol mientras se haga una planificación y entrenamiento acorde al objetivo.

Durante los últimos años han aparecido diferentes estudios que han valorado las capacidades físicas y funcionales de futbolistas en categorías de formación, resaltando que el control y seguimiento de estos parámetros a lo largo de la evolución del jugador pueden determinar el futuro rendimiento deportivo. Muchos entrenadores y científicos del deporte han sugerido que un programa de pliometría bien diseñado y controlado es un componente muy importante en los deportes de equipo, pudiendo llegar incluso a ser determinante en el resultado final en disciplinas como el fútbol.

Cuestiones tales como: altura de caída, longitud óptima de estiramiento del músculo previa al salto, número de saltos por sesión, microciclo o macrociclo, frecuencia de estímulos pliométricos, pausas entre saltos y entre series, etc. deben ser contempladas y seleccionadas

conjugando las características propias del deporte, del sujeto a entrenar y de las adaptaciones neuromusculares que pretendamos alcanzar.

## **8- Aplicaciones prácticas**

Los resultados de este estudio sugieren que un enfoque multidireccional del ejercicio pliométrico es valioso y debe ser considerado cuando se piensa en un programa de fuerza orientado al fútbol juvenil.

Debido a que la pliometría es una modalidad de entrenamiento común, las conclusiones extraídas de este trabajo son directamente aplicables a sujetos no entrenados y atletas jóvenes que no participan en el entrenamiento de fuerza. Se recomienda realizar más estudios para discernir la manera óptima de incorporar estos métodos para aquellos que participan en formas más tradicionales de entrenamiento de resistencia al mismo tiempo.

La implicación práctica de la investigación actual sería que el entrenamiento pliométrico combinado con el entrenamiento de fútbol conduce a mayores mejoras en numerosas acciones explosivas que el entrenamiento de fútbol aislado.

Además de mejorar las acciones explosivas de los jóvenes futbolistas, los ejercicios pliométricos demuestran las siguientes ventajas: simulación de movimientos deportivos explosivos en el campo, adaptabilidad a una población específica, integración dentro de la práctica y requisitos de equipamiento económicos en comparación con una sala de pesas. No se informaron lesiones relacionadas con el entrenamiento; sin embargo, se debe considerar incrementos progresivos en la carga y asegurarse de que los ejercicios se realicen en

superficies de aterrizaje suaves, reduciendo la probabilidad de lesiones del jugador. Para mejorar la calidad de cada sesión, se deben implementar pequeñas actividades de simulacros técnicos entre series para mantener la conciencia y la disciplina entre los jóvenes que pueden impacientarse cuando tienen que permanecer inactivos. Debido a que hay diferencias atléticas notables en este grupo de edad, también podría valer la pena establecer 2 niveles diferentes del mismo ejercicio para aumentar la personalización del programa de entrenamiento, también podría valer la pena establecer 2 niveles diferentes del mismo ejercicio para aumentar la personalización del programa de entrenamiento.

Algunos autores defienden el uso de entrenamiento combinado de fuerza tradicional con tareas de alta intensidad y C.E.A., considerando que tiene un mayor potencial de mejora sobre el rendimiento específico que la aplicación de cada uno de los métodos por aislado. En el presente estudio se ha optado por la utilización de un único método de entrenamiento, cuestión que puede ayudar a ampliar conocimiento en relación al peso que distintos métodos de entrenamiento tienen sobre la capacidad de salto.

De todas maneras, dadas a las limitaciones del estudio por la reducida muestra, es difícil extrapolar a la población en general estos resultados, sin poder afirmar que sean concluyentes.

## 9-Conclusión

✓ La puesta en práctica de un EPM presenta mejoras en los diferentes test como: SH y CMJ. Por otra parte, parece ser que no aporta diferencias significativas en SJ y ABLK. Su incorporación en el régimen de temporada de jugadores de fútbol masculinos jóvenes mejoró el rendimiento de varios índices relacionados con la actividad futbolística (es decir, altura de salto vertical y horizontal). EPM tiene el potencial de ser atractivo para los entrenadores, ya que requiere poco tiempo y produce resultados valiosos en la preparación física de los jóvenes futbolistas.

✓ Para el diseño de los ejercicios que nos permitirán conseguir objetivos de rendimiento, habrá que conocer las demandas del deporte en cuestión y del deportista (tipo de jugador) para poder a continuación analizar los vectores de fuerza de aplicación de los distintos patrones o gestos que queramos mejorar. Las ganancias de fuerza dependen en cierta medida del vector de fuerza específico donde se aplica.

Analizando los ejes y planos de movimientos, podemos decir que los movimientos en el fútbol son tridimensionales y ocurren en: Plano sagital, frontal y sagital. Interpretar las manifestaciones y niveles de fuerza que aplican los jugadores cuando tienen que acelerar, desacelerar, saltar y/o realizar rápidos cambios de dirección, con énfasis en los componentes excéntricos y multidireccionales (Gonzalo-skok et al., 2017). El cuerpo humano realiza infinidad de movimientos los cuales pueden ser muy simples o muy complejos a la vista, pero si realizamos un análisis de estos vamos a ver que hasta el

movimiento más simple involucra diferentes combinaciones y movimientos variados de las articulaciones (Mackey, 2013).

- ✓ Como regla general, un atleta no debe utilizar los saltos como estímulo de entrenamiento pliométrico si no domina correctamente la técnica de amortiguación. Comprender y realizar de forma correcta la amortiguación puede marcar la diferencia entre conseguir un entrenamiento efectivo o, por el contrario, lesivo (Cissik JM, 2004). Una correcta técnica de amortiguación implica: mantener las rodillas alineadas sobre los pies, con una ligera inclinación anterior del tronco, la columna alineada (evitar lordosis lumbar acentuada) y la cabeza erguida.

## 10-ANEXO I

### 1- Microciclo A

- **Objetivo:**

-Adaptación estructural del tendón de Áquiles y musculatura intrínseca del pie.

-Absorción de fuerzas declarativas horizontales y verticales.

**\*Número de contactos/sesión: 80 (ochenta)**

| <b>DIA A</b>              | <b>EJERCICIOS</b>   | <b>REPxSERIESxPAUSA</b>  | <b>PSE</b>                      |
|---------------------------|---|--|---------------------------------|
| <b>BLOQUE</b><br><b>1</b> | -Movilidad (Tobillo-Rodilla-Cadera)<br><br>/Estabilidad lumbopélvica<br><br>-Estiramientos dinámicos (Soleós-<br>Isquios-Flexores de cadera)<br><br>-Activación neuromuscular hemisferio<br>inferior (máx. velocidad y coordinación)<br><br>-Sprint multidireccional 10-20mts | 8x2x (sin pausa)<br><br>2(8'') x3x (sin pausa)<br><br>4(6'')x2x2'' |                                 |
| <b>BLOQUE</b><br><b>2</b> | -Drop scuat (2-2/2-1/1-2/1-1) *<br><br>-SJ continuos2P  | 2(c/variante) x2x2'<br><br>4x3x2'                                  | <b>BAJA</b><br><br><b>(2-3)</b> |

|                        |  |  |                                    |
|------------------------|--|--|------------------------------------|
|                        | -SH 2P<br><br>-Saltos laterales bound continuos<br><br>(caídas pie contrario)  | 1x4x2'<br><br>6x3x3'                     |                                    |
| <b>DIA B</b>           |  |  |                                    |
| <b>BLOQUE</b><br><br>1 | *Idem Día A  | *Idem Día A                              | <b>BAJA/MEDIA</b><br><br>(2-3/4-5) |
| <b>BLOQUE</b><br><br>2 | -Drop squat con med ball 5 kg (2-2) *<br><br>-Hop lateral a cajón (10cm) con 1P<br><br>-Salto vertical 2P de vallas continuo | 4x4x3'<br><br>6(p/p) x4x3'<br><br>1x4x2' | <b>MEDIA</b><br><br>(4-5)          |

## 2- Microciclo B

- **Objetivo:**

-Aprendizaje y diferenciación de las opciones de saltos según la dirección.

**\*Número de contactos/sesión: 90 (noventa)**

| <b>DIA A</b> | <b>EJERCICIOS</b>   | <b>REP/SERIES/PAUSA</b>            | <b>PSE</b>                       |
|--------------|---|------------------------------------|----------------------------------|
| BLOQUE<br>1  | *Idem Día A   | *Idem Día A                        |                                  |
| BLOQUE<br>2  | -Drop squat con medball 5kg<br>(2-1/1-2)<br><br>-Salto vertical desde posición sentado 90°<br>en cajón<br><br>-Saltos horizontales 1P (continuos) | 6x2x2'<br><br>4x2x3'<br><br>4x3x3' | <b>MEDIA</b><br><br><b>(4-5)</b> |
| <b>DIA B</b> |   |                                    |                                  |
| BLOQUE<br>1  | *Idem Día A   |                                    |                                  |
| BLOQUE<br>2  | -DJ desde cajón+ SH   | 4x4x3'                             | <b>MEDIA/ALTA</b>                |

|  |                                  |        |           |
|--|----------------------------------|--------|-----------|
|  | -Hop lateral a cajón(5cm) con 1P | 4x4x3' | (4-5/6-7) |
|  | -Salto de vallas 2P continuo     | 4x4x3' |           |

### 3- Microciclo C

- **Objetivo:**

-Aprendizaje y diferenciación de las opciones de saltos según la dirección.

**\*Número de contactos/sesión: 90 (noventa)**

| <b>DIA A</b> | <b>EJERCICIOS</b>  | <b>REP/SERIES/PAUSA</b> | <b>PSE</b>                         |
|--------------|--|-------------------------|------------------------------------|
| BLOQUE<br>1  | *Idem Día A  | *Idem Día A             |                                    |
| BLOQUE<br>2  | -Drop squat med ball 5kg(1-2/1-1)<br><br>-Salto vertical desde posición sentado en | 6x3x2'<br><br>4x2x3'    | <b>MEDIA/ALTA</b><br><br>(4-5/6-7) |

|                           |  |                                    |   |
|---------------------------|--|------------------------------------|---|
|                           | cajón<br><br>-Saltos horizontales 1P (continuos)   | 4x3x3'                             |   |
| <b>DIA B</b>              |  |                                    |   |
| <b>BLOQUE</b><br><b>1</b> | *Idem Día A  |                                    |   |
| <b>BLOQUE</b><br><b>2</b> | -DJ 2P desde cajón(10cm) + SH<br><br>-Hop frontal a cajón (5cm) con 1P<br><br>-Salto de vallas 2P laterales y clavar con 1P(continuos) | 1x4x3'<br><br>6x3x3'<br><br>6x3x3' | <b>MEDIA/ALTA</b><br><br><b>(4-5/6-7)</b> |

#### 4- Microciclo D

- **Objetivo:**

-Desarrollo máximo del CEA.

**\*Número de contactos/sesión: 90 (noventa)**

| <b>DIA A</b> | <b>EJERCICIOS</b>                         | <b>REP/SERIES/PAUSA</b> | <b>PSE</b>   |
|--------------|---|-------------------------|--------------|
| BLOQUE 1     | *Idem Día A                               | *Idem Día A             |              |
| BLOQUE 2     | -Drop squat med ball 5kg                  | 6x3x2'                  | <b>ALTA</b>  |
|              | -CMJ vertical pies asimétricos            | 4x2x3'                  | <b>(6-7)</b> |
|              | -Saltos laterales 1P (continuos)          | 4x3x3'                  |              |
| <b>DIA B</b> |   |                         |              |
| BLOQUE 1     | *Idem Día A                               | *Idem Día A             |              |
| BLOQUE 2     | -DJ desde cajón + SH                      | 1x4x3'                  | <b>ALTA</b>  |
|              | -Hop frontal a cajón (5cm) con 1P         | 6x3x3'                  | <b>(6-7)</b> |
|              | -Salto de vallas horizontales y laterales | 6x3x3'                  |              |

## 5- Microciclo E

- **Objetivo:**

-Desarrollo máximo del CEA.

-Mínimo tiempo de contacto.

-Desarrollo absorción y descarga de energía (“Capacidad elástica”)

**\*Número de contactos/sesión: 100 (cien)**

| <b>DIA A</b> | <b>EJERCICIOS</b>                  | <b>REP/SERIES/PAUSA</b> | <b>PSE</b>   |
|--------------|------------------------------------|-------------------------|--------------|
| BLOQUE 1     | *Idem Día A                        | *Idem Día A             |              |
| BLOQUE 2     | -Drop squat med ball 5kg           | 6x3x2'                  | <b>ALTA</b>  |
|              | -CMJ vertical pies asimétricos     | 4x2x3'                  | <b>(6-7)</b> |
|              | -Saltos laterales 1P (continuos)   | 4x3x3'                  |              |
| <b>DIA B</b> |                                    |                         |              |
| BLOQUE 1     | *Idem Día A                        |                         |              |
| BLOQUE 2     | -DJ desde cajón + SH               | 1x4x3'                  | <b>ALTA</b>  |
|              | -Saltos laterales 2P a cajón (5cm) | 6x3x3'                  | <b>(6-7)</b> |
|              | -Salto de valla 1P horizontal      | 6x3x3'                  |              |

## 6- Microciclo F

- **Objetivo:**

-Desarrollo máximo del CEA.

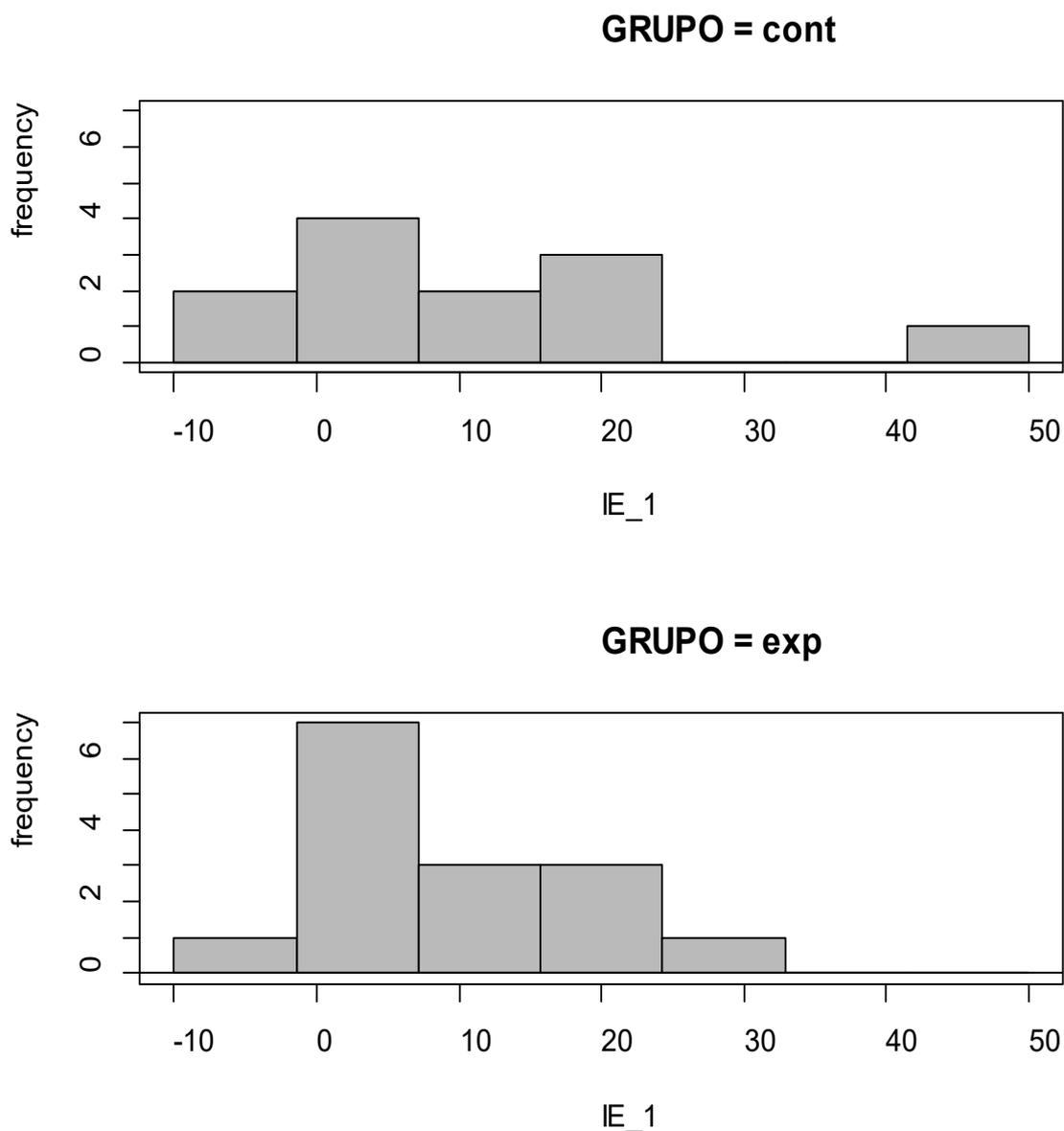
-Mínimo tiempo de contacto.

**\*Número de contactos/sesión: 120 (ciento veinte)**

| <b>DIA A</b> | <b>EJERCICIOS</b>                           | <b>REP/SERIES/PAUSA</b> | <b>PSE</b>   |
|--------------|---|-------------------------|--------------|
| BLOQUE 1     | *Idem Día A                                 | *Idem Día A             |              |
| BLOQUE 2     | -Drop squat med ball 10kg                   | 6x3x2'                  | <b>ALTA</b>  |
|              | -CMJ vertical 1P                            | 4x2x3'                  | <b>(6-7)</b> |
|              | -Saltos laterales +frontales 1P (continuos) | 4x3x3'                  |              |
| <b>DIA B</b> |   |                         |              |
| BLOQUE 1     | *Idem Día A                                 | *Idem Día A             |              |
| BLOQUE 2     | -DJ desde cajón (10cm) + SH 1P              | 1x4x3'                  | <b>ALTA</b>  |
|              | -Saltos laterales 2P a cajón (5cm)          | 6x3x3'                  | <b>(6-7)</b> |
|              | -Salto de valla 1P horizontal               | 6x3x3'                  |              |

## 11-ANEXO II

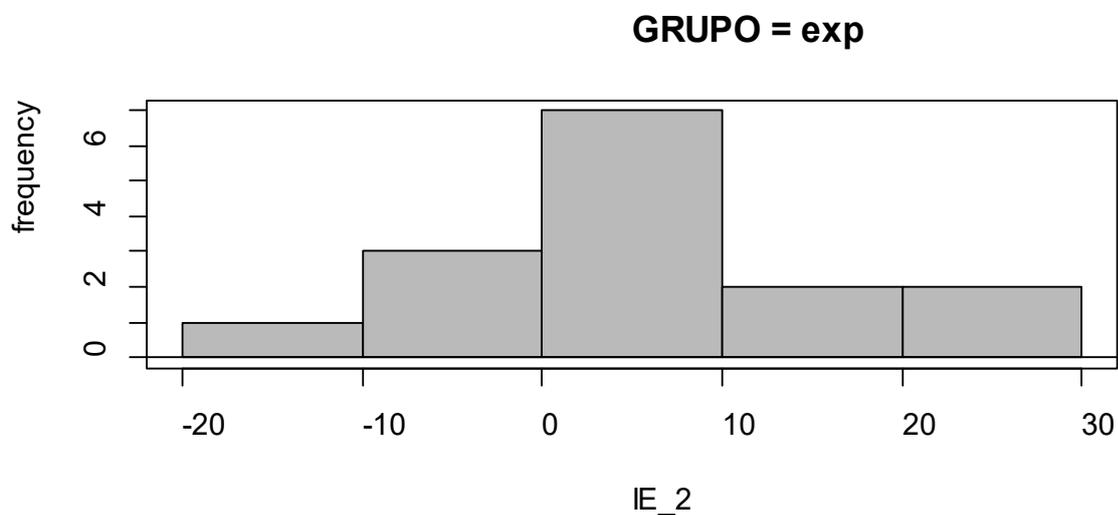
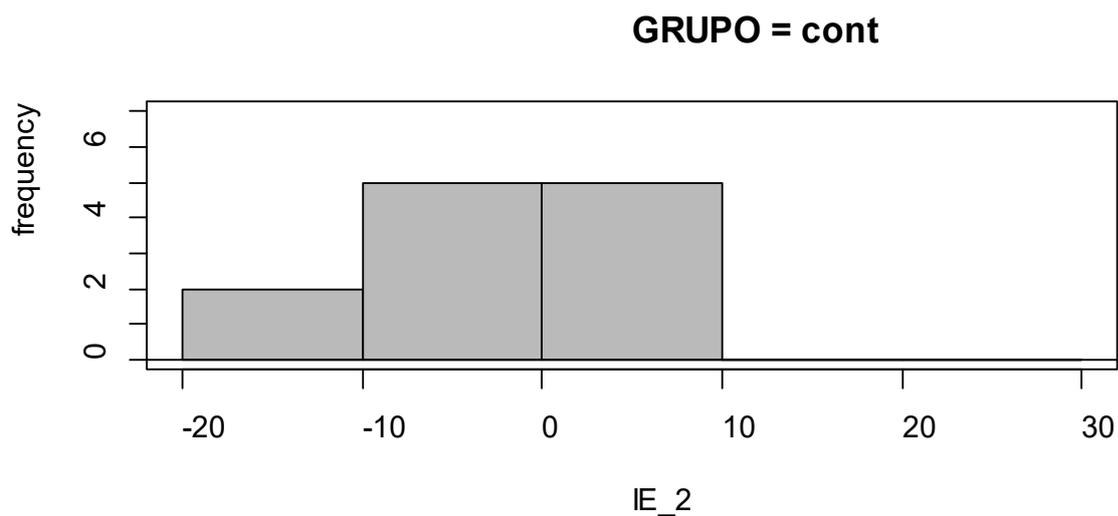
**Gráfico 7.** Histograma para examinar los picos, la dispersión de la distribución y valores atípicos (**Pre intervención**). Grupo cont (Control); Grupo exp(Experimental), IE\_1(Índice de elasticidad pre-intervención)



**Nota:** La distribución de los datos para el GC, se considera uniforme porque se reparten de igual manera y contiene un valor atípico. Por el contrario, para el GE, se considera que la distribución contiene un sesgo a la derecha donde la mayoría de los datos se acumulan al principio (positivo)

**Gráfico 8.** Histograma para examinar los picos, la dispersión de la distribución y valores atípicos (**Post intervención**).

Grupo cont (Control); Grupo exp (Experimental), IE\_2(Índice de elasticidad post-intervención)



**Nota:** La distribución de los datos para el GC, se considera con un sesgo a la izquierda (Negativa) y para el GE se interpreta una dispersión simétrica (normal).

## 12-BIBLIOGRAFÍA:

- 1- Hernández Moreno, J. Factores que determinan la estructura funcional de los deportes de equipo. Apuntes: Educación Física y Deportes. 1984.
- 2- Ruiz Pérez, IM, Competencia motriz. Elementos para comprender el aprendizaje motor en Educación Física Escolar. Gymnos. Madrid. 1995.
- 3- Sánchez Bañuelos , F. Organización y gestión de recursos humanos en el deporte. Master Universitario en Psicología en el Deporte. Comité Olímpico Español-Universidad Autónoma de Madrid. Madrid. 1996.
- 4- Wilt, F. Plyometrics: what it is and how it works. Athl j 55:76, 89-90, 1975.
- 5- Wilk, KE, voight, ml, keirns, ma, gambetta, v, andrews, jr y dillman, cj. Stretchshortening drills for the upper extremities: theory and clinical applications. J orthop sports phys ther 17:225 -239, 1993.
- 6- Hewett, TE, Stroupe, AL, Nance, TA y Noyes, fr. Plyometric training in female athletes. Am j sports med 24:765-773, 1996.
- 7- Svantesson, U, Grimby, G y Thomee, R. Potentiation of concentric plantar flexion torque following eccentric and isometric muscle actions. Acta physiol scand 152:287-293, 1994.
- 8- Hill, av. First and last experiments in muscle mechanics. Cambridge: cambridge university press, 1970.
- 9- Cavagna, GA, saibere, fp y margaria, r. Effect of negative work on the amount of positive work performed by an isolated muscle. J appl physiol 20:157-158, 1965.
- 10-Asmussen, E y bonde-peterson, f. Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. Acta physiol scand 91:385-392, 1974.

- 11-Cavagna, ga, saibere, fp y margaria, r. Effect of negative work on the amount of positive work performed by an isolated muscle. *J appl physiol* 20:157-158, 1965.
- 12-Enoka, rm. *Neuromechanical basis of kinesiology*. 2. A ed. Champaign, il: human kinetics, 1994.
- 13-Guyton, AC y hall, je. *Textbook of medical physiology*. 10. A ed. Philadelphia: saunders, 2000.
- 14-Matthews, pbc. The knee jerk: still an enigma? *Can j physiol pharm* 68:347-354, 1990.
- 15-Bosco, c, ito, a, komi, pv, luhtanen, p, rahkila, p, rusko, h y viitasalo, jt. Neuromuscular function and mechanical efficiency of human leg extensor muscles during jumping exercises. *Acta physiol scand* 114:543-550, 1982.
- 16-Bosco, c, viitasalo, jt, komi, pv y luhtanen, p. Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch shortening cycle exercise. *Acta physiol scand* 114:557- 565, 1982.
- 17-Cavagna, ga, saibere, fp y margaria, r. Effect of negative work on the amount of positive work performed by an isolated muscle. *J appl physiol* 20:157-158, 1965.
- 18-Cavagna, ga. Storage and utilization of elastic energy in skeletal muscle. *En: exercise and sport science reviews*, vol. 5. Hutton, rs, ed. Santa barbara, ca: journal affiliates, 80-129, 1977.
- 19-Cavagna, GA, dusman, b y margaria, r. Positive work done by a previously stretched muscle. *J appl physiol* 24:21-32, 1968.
- 20-Svantesson, U, grimby, g y thomee, r. Potentiation of concentric plantar flexion torque following eccentric and isometric muscle actions. *Acta physiol scand* 152:287-293, 1994.

- 21-**Kilani, HA, Palmer, SS, Adrian, MJ y Gapsis, JJ. Block of the stretch reflex of vastus lateralis during vertical jump. *Hum mov sci* 8:247-269, 1989.
- 22-**Bobbert, MF, Gerritsen, KGM, Litjens, MCA y van Soest, AJ. Why is countermovement jump height greater than squat jump height? *Med sci sports exerc* 28:1402-1412, 1996.
- 23-**Harman, EA, Rosenstein, MT, Frykman, PN y Rosenstein, RM. The effects of arms and countermovement on vertical jumping. *Med sci sports exerc* 22:825-833, 1990.
- 24-**Aura, O y Viitasalo, JT. Biomechanical characteristics of jumping. *Int j sports biomech* 5:89-97, 1989.
- 25-**Bobbert, MF. Drop jumping as a training method for jumping ability. *Sports med* 9:7-22, 1990.
- 26-**Borkowski, J. Prevention of pre-season muscle soreness: plyometric exercise [abstract]. *Athl train* 25:122, 1990.
- 27-**Chu, D. *Jumping into plyometrics*. 2. A ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 1998.
- 28-**Chu, D y Plummer, I. Jumping into plyometrics: the language of plyometrics. *Nsca j* 6:30-31, 1984.
- 29-**National strength and conditioning association. Position statement: explosive/plyometric exercises. *Nsca j* 15:16, 1993.
- 30-**Guyton, AC y Hall, JE. *Textbook of medical physiology*. 10. A ed. Philadelphia: Saunders, 2000.
- 31-**Matthews, PBC. The knee jerk: still an enigma? *Can j physiol pharm* 68:347-354, 1990.
- 32-**García-pinillos, F, Ruiz-ariza, A., Navarro-Martínez, A. V., & Latorre-Román, P. A. (2014). Análisis del rendimiento en salto vertical, agilidad, velocidad y velocidad de

- golpeo en jóvenes futbolistas: influencia de la edad. *Apunts. Medicina de l'esport*, 49(183), 67-73.
- 33-**Mcneely, E (2005). Introduction to plyometrics: converting strength to power. *Nsca's performance training journal*. 6(5), 19-22.
- 34-**Chu D(1996) ejercicios pliométricos. Badalona: editorial paidotribo;.
- 35-**Mcneely MS. Converting strength to power. *Nsca's performance training journal*. Vol. 6. 2007; 5:19-22.
- 36-**Bosco C. Elasticità muscolare e forza esplosiva nelle attività fisico-sportive. Roma: società stampa sportiva; 1992.
- 37-**Naclerio, F (2011), fundamentos del entrenamiento deportivo, España, editorial panamericana.
- 38-**Reilly T, Bangsbo J, and Franks A. Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *J sports sci* 18: 669-683, 2000.
- 39-**Harries, S. K., Lubans, D. R., & Callister, R. (2012). Resistance training to improve power and sports performance in adolescent athletes: a systematic review and metaanalysis. *Journal of science and medicine in sport*, 15(6), 532–540.
- 40-**Leer, Paul J.; Oliver, Jon I.; De Ste Croix, Mark B.; Myer, Gregory D.; Lloyd, Rhodri S. Una revisión de las evaluaciones del campo del control neuromuscular y su utilidad en jugadores de fútbol juveniles masculinos, *Journal of strength and conditioning research*: enero de 2019 - volumen 33 - número 1.
- 41-**Paul, Darren J.; Nassis, George P. Prueba de fuerza y poder en jugadores de fútbol, *the Journal of strength & conditioning research*: junio de 2015 - volumen 29 - número 6.

- 42-**Thomas V, Reilly t- evaluación del estado físico de los jugadores de fútbol de la liga inglesa durante la temporada competitiva. *British journal of sports medicine* 1979; **13**: 103-109.
- 43-**Bishop D, Edge J, Davis C, Dawson B and Goodman c. (2002). The importance of buffer capacity for repetead sprint ability. *Australian conference of science and medicien in sports*. Melbourne, victoria. *Australian association for exercise and sports science* (1):101.
- 44-**Carling C, williams, reilly, t. (2005). *Handbook of soccer match analysis. A systematic approach to improving performance*. Routledge, abingdom, uk.
- 45-**Colli R, introini e, bosco c. (1997). L´allenamento intermittente: istruzioni per l´usso. *Coaching & sport science journal*. 1: 29-34. 1997.
- 46-**Cissik, John M (2004). Means and methods of speed training, Part I. *Strength and conditioning journal*. Volume 26.
- 47-**Bangsbo J and Lindquist f. (1992). Comparison of various exercise tests with endurance during soccer in professional players. *Int. Jou. Sport med*. 13:125-132.
- 48-**Casas, A (2008; enero 1). Fisiología y metodología del entrenamiento de resistencia intermitente para deportes acíclicos. *Journal of human sport and exercise*. Volumen (3).
- 49-**Rodríguez-Rosell, David; mora-custodio, Ricardo; Franco-Márquez, Felipe; Yáñez-García, Juan M.; González-Badillo, juan j. Pruebas de salto vertical tradicionales versus específico del deporte: confiabilidad, validez y relación con la fuerza de las piernas y el rendimiento del sprint en jugadores de fútbol y baloncesto adultos y adolescentes, *journal of strength and conditioning research*: enero de 2017 - volumen 31 - número 1.

- 50-**Neumann g. (1990). La struttura della prestazione negli sport di resistenza. Sds.
- 51-**Martin D, Carl K, Lehnertz k. (2001). Manual de metodología del entrenamiento deportivo. Ed. Paidotribo.
- 52-**Javier Raya González - métodos de entrenamiento de la fuerza para la mejora de las acciones en el fútbol - facultad de ciencias de la salud. Universidad isabel i(burgos, españa) 2 universidad pontificia de salamanca (españa).
- 53-**Swinton, Paul a.; Lloyd, rayo; Keogh, Justin wl; Agouris, ioannis 1; Stewart, arthur d. 5 Modelos de regresión del rendimiento de sprint, salto vertical y cambio de dirección, journal of strength and conditioning research: julio de 2014 - volumen 28 - número 7.
- 54-**Eduardo I.; Izquierdo, Mikel; Efecto del entrenamiento pliométrico vertical, horizontal y combinado sobre el rendimiento explosivo, de equilibrio y de resistencia de los futbolistas jóvenes, the journal of strength & conditioning research: julio de 2015 - volumen 29 - número 7.
- 55-**Vácz, M., Tollár, J., Meszler, B., Juhász, I. Y Karsai, I. (2013). El programa de entrenamiento pliométrico de alta intensidad a corto plazo mejora la fuerza, el poder y la agilidad en jugadores de fútbol masculinos, journal of human kinetics , 36 (1).
- 56-**Buchheit, Martin; Méndez-Villanueva, Alberto; Delhomel, Gregory; Brughelli, Matt; Ahmaidi, dijo mejora de la habilidad de sprint repetido en jóvenes jugadores de fútbol elite: shuttle sprints repetidos vs. Entrenamiento de fuerza explosiva, journal of strength and conditioning research: octubre de 2010 - volumen 24 - número 10.
- 57-**Lloyd, rhodri s.; cronin, john b; faigenbaum, avery d; haff, g. Gregory; howard, rick; kraemer, william j.; micheli, lyle j.; myer, gregory d.; oliver, jon l. Declaración de posición

de la asociación nacional de fuerza y acondicionamiento sobre el desarrollo atlético a largo plazo, revista de investigación de fuerza y acondicionamiento: junio de 2016 - volumen 30 - número 6.

**58-** Faigenbaum, avery d; kraemer, william j; blimkie, cameron jr; jeffreys, ian; micheli, lyle j 5 ; nitka, mike 6 ; rowland, thomas w 7 12- entrenamiento de fuerza juvenil: documento de declaración de posición actualizada de la asociación nacional de fuerza y acondicionamiento, revista de investigación de fuerza y acondicionamiento: agosto de 2009 - volumen 23 – número.

**59-** Makaruk, hubert; winchester, jason b; sadowski, jerzy; czaplicki, adam; sacewicz, tomasz efectos del entrenamiento pliométrico unilateral y bilateral sobre el poder y la capacidad de salto en las mujeres, revista de investigación de fuerza y acondicionamiento: diciembre de 2011 - volumen 25 - número 12.

**60-** Maio alves, josé manuel vilaça; rebelo, antónio natal; abrantés, catarina; sampaio, jaime. Efectos a corto plazo del entrenamiento complejo y de contraste en las habilidades de salto vertical, sprint y agilidad de los jugadores de fútbol, journal of strength and conditioning research: abril de 2010 - volumen 24 - número 4.

**61-** Mohamed C. Jlid , Ghazi Racil , Jeremy Coquart , Thierry Paillard , Gian Nicola Bisciotti , y Karim Chamari - Entrenamiento pliométrico multidireccional: forma muy eficiente de mejorar el rendimiento del salto vertical, el rendimiento del cambio de dirección y el control postural dinámico en jugadores de fútbol jóvenes.

**62-** Bedoya, abigail a. 1; miltenberger, matthew r. 2; lópez, rebecca m. 1 efectos del entrenamiento pliométrico sobre el rendimiento atlético en atletas juveniles, the journal

of strength & conditioning research: agosto de 2015 - volumen 29 - número 8 boyle, m. (2017). El entrenamiento funcional aplicado a los deportes. Ediciones tutor, sa.

- 63-**González-badillo, juan j.; pareja blanco, fernando; rodríguez-rosell, david 1 ; abaderencia, josé l. 1 ; del ojo-lópez, juan j.; sánchez-medina, luis 2 efectos del entrenamiento de resistencia basado en la velocidad en jóvenes futbolistas de diferentes edades, the journal of strength & condition research: mayo de 2015 - volumen 29 – número 5.
- 64-**Hammami, mehréz; negra, yassine; shephard, roy j.; chelly, mohamed souhaïel. El efecto del entrenamiento de fuerza estándar versus fuerza de contraste en el desarrollo de sprint, agilidad, cambio repetido de dirección y salto en futbolistas varones junior, journal of strength and conditioning research: abril de 2017 - volumen 31 - número 4.
- 65-**Estilos, william j.; matthews, marty n j.; comodidad, paul. Efectos del entrenamiento de fuerza en el rendimiento de sentadillas y sprint en jugadores de fútbol, journal of strength and conditioning research: junio de 2016 - volumen 30 - número 6.
- 66-**Firas zghal, serge s. Colson , grégory blain , david g. Behm , urs granacher y anis chaouachi - el entrenamiento combinado de resistencia y pliométrico es más efectivo que el entrenamiento pliométrico solo para mejorar la condición física de los jugadores de fútbol puberal - educación, motricidad, deportes y salud, instituto superior de deporte y educación física de sfax, universidad de sfax, sfax, Túnez.
- 67-**Sáez de villarreal, eduardo; suárez-arrones, luis; requena, bernardo; haff, gregory g. 3 ; ferrete, carlos. Efectos del entrenamiento pliométrico y de velocidad en el rendimiento

de habilidades físicas y técnicas en futbolistas adolescentes, the journal of strength & conditioning research: julio de 2015 - volumen 29 - número 7.

**68-**Chelly, mohamed souhail; ghenem, mohamed ali; abid, khalil; hermassi, souhail; tabka, zouhair; shephard, roy j effects of in-season short-term plyometric training program on leg power, jump- and sprint performance of soccer players, journal of strength and conditioning research: october 2010.

**69-**García-pinillos, felipe; martínez-amat, antonio; hita-contreras, fidel<sup>2</sup>; martínez-lópez, emilio j; latorre-román, pedro a.effects of a contrast training program without external load on vertical jump, kicking speed, sprint, and agility of young soccer players, journal of strength and conditioning research: september 2014.

**70-**Thomas, kevin 1 ; francés, duncan 2 ; hayes, philip r 1 el efecto de dos técnicas de entrenamiento pliométrico sobre la potencia muscular y la agilidad en jugadores de fútbol juveniles, journal of strength and conditioning research: enero de 2009 - volumen 23 - número 1.

**71-**Bedoya, Abigail a.; miltenberger, matthew r.; lópez, rebecca m.<sup>1</sup> efectos del entrenamiento pliométrico en el rendimiento atlético en atletas de fútbol juvenil, the journal of strength & conditioning research: agosto de 2015 - volumen 29 - número 8.

**72-**Meylan, césar; malatesta, davide. Efectos del entrenamiento pliométrico durante la temporada dentro de la práctica de fútbol sobre las acciones explosivas de los jugadores jóvenes, journal of strength and conditioning research: diciembre de 2009 - volumen 23 - número 9.

- 73-**Gregory Haff G; Travis Triplett N (2016); Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico. Editorial: Paidotribo.
- 74-**Ramírez-campillo, rodrigo; andrade, david c.; izquierdo, mikel 3 efectos del volumen de entrenamiento pliométrico y la superficie de entrenamiento sobre la fuerza explosiva, journal of strength and conditioning research: octubre de 2013 - volumen 27 - número 10.
- 75-**Gollhofer, a. Y kyröläinen, h. J rj “comportamiento mecánico del músculo durante el ciclo estiramiento-acortamiento. Factores neuromusculares” en archivos de medicina del deporte (1991).
- 76-**Fitzpatrick, da; cimadoro, g.; cleather. ¿el músculo mágico de fuerza horizontal? Un estudio preliminar que examina la teoría del "vector de fuerza, dj. Deportes 2019, 7 , 30.
- 77-**Lea mm, cisar c. La influencia de la duración de los intervalos de descanso variados en el rendimiento del salto de profundidad. J strength cond res 15: 279-283, 2001.
- 78-**Ramírez-campillo r, andrade dc, izquierdo m. Efectos del volumen de entrenamiento pliométrico y la superficie de entrenamiento sobre la fuerza explosiva. J strength cond res 27: 2714–2722, 2013.
- 79-**Meylan c, malatesta d. Efectos del entrenamiento pliométrico durante la temporada dentro de la práctica del fútbol sobre las acciones explosivas de los jugadores jóvenes. J strength cond res 23: 2605–2613, 2009.
- 80-**Verkhoshansky, yury; siff, mel c.superentrenamiento, 2004. Editorial paidotribo, segunda edición.

- 81-**Michael boyle. El entrenamiento funcional aplicado a los deportes, 2014. Human kinetics, segunda edición.
- 82-**Verkhoshansky, yuri (2006): todo sobre el método pliométrico. 2da. Edición, barcelona. Introducción.
- 83-**Verkhoshansky, Y. (2009). Supertraining [Paperback]. First Edition.
- 84-**Contreras, B, Vigotsky, AD, Schoenfeld, BJ, Beardsley, C, McMaster, DT, Reyneke, JHT, and Cronin, JB.(2017). Effects of a six-week hip thrust vs. front squat resistance training program on performance in adolescent males: A randomized controlled trial. J Strength Cond Res 31(4): 999– 1008
- 85-**Gonzalo-Skok O, Sanchez-Sabate J, Izquierdo-Lupon L, Saerz de Villareal E. (2018). Influence of force-vector and force application plyometric training in young elite basketball players. European College of Sport Science
- 86-**Mackey M (2013) Entrenado movimientos. Edición: Prematch; Buenos Aires, Argentina