

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EFECTO DEL ENTRENAMIENTO CONTRA RESISTENCIA EN LA VELOCIDAD  
DE LANZAMIENTO POR ENCIMA DEL HOMBRO EN DEPORTISTAS: UN  
META-ANÁLISIS

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado  
en Ciencias del Movimiento Humano y la Recreación, para optar al grado y título de  
Maestría Académica en Ciencias del Movimiento Humano.

LUCÍA MARÍN GUILLÉN

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2025

## **Agradecimientos**

A Sonia Guillén y a Arturo Marín por darme no solamente el regalo de la vida sino todo su esfuerzo para verme avanzar en cada etapa tanto personal como profesional. Por nunca cuestionarme al elegir la carrera que siempre quise y por instarme a seguir mi vocación, a ser feliz. Gracias ma, por todo lo que hizo y me demostró durante 23 años, que hoy sigue impactándome. Gracias pa, por siempre recordarme que hay que mantener un espíritu de lucha y por motivarme a hacer lo que me enciende el corazón. Gracias por creer en mi mucho más de lo que yo lo hago.

Gracias a mi bendita lucha libre, porque no fue una distracción de mi objetivo académico. Por el contrario, fue y es mi combustible para enfrentar cualquier reto profesional, académico o personal. Gracias por recordarme que no debo tener miedo en perseguir lo que me enciende el alma.

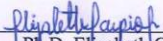
Gracias Comité Olímpico Nacional, por tantas oportunidades, por tantísimo crecimiento personal y profesional. Gracias don Henry por la confianza, gracias Fanny por tanto apoyo.

Al profesor Alejandro Salicetti por la paciencia, por las ideas y por ser mi tutor durante toda esta aventura del posgrado. A mi comité asesor por permitirme contar con un equipo de gran nivel: profesora Jessenia Hernández y profesor José Moncada.

Gracias profe Moncada, por dar la milla extra y siempre tener una recomendación, por escucharme para darme un consejo (para ser honesta, muchos) y principalmente por transmitirme una energía positiva incluso en los momentos en los que quería tirar todo a la basura. Tanto por la tesis, como por mi trabajo le voy a estar eternamente agradecida. Gracias a profes como Elizabeth y Judith, que me apoyaron en el proceso de tesis, tanto motivando como escuchándome y ayudándome.

A mi amigo, Miguel, por ayudarme en el análisis de los artículos, por no pensar en responder sí cuando le pedí el favor de apoyarme en esa etapa tan importante de la tesis. ¡Gracias Migue! Y gracias a cada amigo que me dio la buena vibra en este proceso tan largo, Carlos, Gaby, Ana.

“Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias del Movimiento Humano de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Académica en Ciencias del Movimiento Humano.”



Ph.D. Elizabeth Carpio Rivera  
Representante del Decano Sistema de Estudios de Posgrado



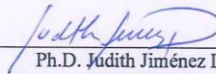
Ph.D. Alejandro Salicetti Fonseca  
Director de Tesis



Ph.D. Jessenia Hernández Elizondo  
Asesora



Ph.D. José Moncada Jiménez  
Asesor



Ph.D. Judith Jiménez Díaz  
Representante de la Directora Programa de Posgrado en Ciencias del Movimiento Humano



Lucía Marín Guillén  
Candidata

## Tabla de contenido

<b>Portada</b> .....	i
<b>Agradecimientos</b> .....	ii
<b>RESUMEN</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>Lista de figuras</b> .....	viii
<b>Lista de tablas</b> .....	x
<b>Lista de abreviaturas</b> .....	xi
<b>Capítulo I: Introducción</b> .....	1
<b>Capítulo II: Marco teórico</b> .....	3
1. <i>Entrenamiento contra resistencia</i> .....	4
1.1. <i>Definición</i> .....	4
1.2. <i>Tipos de ejercicios</i> .....	4
1.3. <i>Efectos del ECR según la edad de los atletas</i> .....	5
1.4. <i>Prescripción</i> .....	7
2. <i>Fuerza explosiva</i> .....	12
2.1. <i>Definición</i> .....	12
2.2. <i>Fuerza explosiva, potencia y velocidad</i> .....	12
2.3. <i>Acciones deportivas</i> .....	13
3. <i>Lanzamiento por encima del hombro</i> .....	13
3.1. <i>Patrón de movimiento</i> .....	13
3.2. <i>Estructuras anatómicas</i> .....	14
3.3. <i>Fases del movimiento</i> .....	14
<b>Capítulo III: Justificación</b> .....	17
<b>Capítulo IV: Objetivos e Hipótesis</b> .....	26
<b>Capítulo V: Metodología</b> .....	28

1. <i>Métodos de recolección de la información</i> .....	28
2. <i>Fuentes de información</i> .....	29
3. <i>Cálculo del tamaño de efecto</i> .....	32
4. <i>Análisis estadístico</i> .....	32
<b>Capítulo VI: Resultados</b> .....	<b>35</b>
<b>Capítulo VII: Discusión</b> .....	<b>56</b>
<b>Capítulo VIII: Conclusiones</b> .....	<b>68</b>
<b>Referencias</b> .....	<b>72</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>86</b>
<b>Producción académica durante el programa de posgrado</b> .....	<b>113</b>

## RESUMEN

**Propósito:** Determinar el efecto del entrenamiento contra resistencia en la velocidad de lanzamiento por encima del hombro en deportistas.

**Métodos:** Se realizó la búsqueda de literatura en diferentes bases de datos utilizando las siguientes palabras: entrenamiento contra resistencia, entrenamiento de fuerza, potencia, velocidad, lanzamiento y deporte. Se codificaron los artículos que cumplieron con los requisitos de inclusión y se realizó el análisis estadístico intragrupo de efectos aleatorios.

**Resultados:** Se meta analizaron 24 artículos, 126 TE. Tanto el TE del grupo experimental (1,16 (0,92 a 1,40)  $p < 0,01$ ) como el TE del grupo control (0,22 (0,07 a 0,37)  $p < 0,01$ ) fueron estadísticamente significativos. El ECR es efectivo para la mejora de la velocidad por encima del hombro en deportistas de primera división, segunda división, élite, senior, juvenil y de nivel nacional. Se encontró un efecto significativo para dos deportes: balonmano y beisbol. Las cuatro categorías de ECR que arrojaron significancia fueron bandas elásticas, pliometría, peso libre y máquinas de resistencia. Las correlaciones estadísticamente significativas al aplicar ECR fueron edad, semanas de tratamiento, series, repeticiones, número total de ejercicios por sesión y la cantidad de sesiones semanales del deporte.

**Palabras claves:** metaanálisis, lanzamiento por encima del hombro, entrenamiento contra resistencia, entrenamiento de fuerza, deporte.

## **Effect of resistance training on overhead throwing velocity in athletes: a meta-analysis**

### **ABSTRACT**

**Purpose:** To determine the effect of resistance training on overhead throwing velocity in athletes.

**Methods:** A literature search was conducted in different databases using the words resistance training, strength training, power, speed, throwing, and sport. Articles that met the inclusion criteria were coded, and a random effects intragroup meta-analysis was performed.

**Results:** 24 articles were meta-analyzed for a total of 126 effect sizes (ES). Both the ES of the experimental group (ES= 1.16; 95%CI= 0.92 to 1.40;  $p < 0.01$ ) and the ES of the control group (ES= 0.22; 95%CI= 0.07 to 0.37;  $p < 0.01$ ) were statistically significant. Resistance training exercise (RTE) is effective for improving overhead throwing velocity in first division, second division, elite, senior, youth, and national level athletes. A significant effect was found for handball and baseball. The four RTE categories that showed significance were elastic bands, plyometrics, free weights, and resistance machines. Statistically significant correlations when applying RTE were age, weeks of treatment, sets, repetitions, total number of exercises per session, and the number of weekly sessions of the sport.

**Conclusion:** RTE is effective in improving overhead throwing velocity in athletes.

**Key words:** meta-analysis, overhead throw, resistance training, strength training, sport.

## Lista de figuras

FIGURA 1. ESQUEMA CONCEPTOS DEL MARCO TEÓRICO. ....	3
FIGURA 2. FLUJOGRAMA DE LA BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN.....	31
FIGURA 3. GRÁFICO FOREST PLOT DEL GRUPO EXPERIMENTAL .....	42
FIGURA 4. GRÁFICO FOREST PLOT DEL GRUPO CONTROL.....	43
FIGURA 5. GRÁFICO FOREST PLOT GLOBAL .....	44
FIGURA 6. GRÁFICO FUNNEL PLOT.....	45
FIGURA 7. GRÁFICO FOREST PLOT DIVIDIDO POR SEXO. GRUPO CONTROL .....	87
FIGURA 8. GRÁFICO FOREST PLOT DIVIDIDO POR SEXO. GLOBAL.....	88
FIGURA 9. GRÁFICO FOREST PLOT DIVIDIDO POR DEPORTE. GRUPO EXPERIMENTAL.....	89
FIGURA 10. GRÁFICO FOREST PLOT DIVIDIDO POR DEPORTE. GRUPO CONTROL.....	90
FIGURA 11. GRÁFICO FOREST PLOT DIVIDIDO POR DEPORTE. GLOBAL.....	91
FIGURA 12. GRÁFICO FOREST PLOT SEGÚN PERIODO DE LA TEMPORADA. GRUPO EXPERIMENTAL .....	92
FIGURA 13. GRÁFICO FOREST PLOT SEGÚN PERIODO DE LA TEMPORADA. GRUPO CONTROL .....	93
FIGURA 14. GRÁFICO FOREST PLOT SEGÚN PERIODO DE LA TEMPORADA. GLOBAL .....	94
FIGURA 15. GRÁFICO FOREST PLOT SEGÚN NIVEL DEPORTIVO DE LOS PARTICIPANTES. GRUPO EXPERIMENTAL.....	95
FIGURA 16. GRÁFICO FOREST PLOT SEGÚN NIVEL DEPORTIVO DE LOS PARTICIPANTES. GRUPO CONTROL.....	96
FIGURA 17. GRÁFICO FOREST PLOT SEGÚN NIVEL DEPORTIVO DE LOS PARTICIPANTES. GLOBAL.....	97
FIGURA 18. GRÁFICO FOREST PLOT SEGÚN MODALIDAD DE ECR. GRUPO EXPERIMENTAL .....	98
FIGURA 19. GRÁFICO FOREST PLOT SEGÚN MANEJO DE LA CARGA. GRUPO EXPERIMENTAL .....	99
FIGURA 20. GRÁFICO FOREST PLOT SEGÚN MÉTODO DE MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DE LEH. GRUPO EXPERIMENTAL .....	100
FIGURA 21. GRÁFICO FOREST PLOT SEGÚN MÉTODO DE MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DE LEH. GRUPO CONTROL .....	101

FIGURA 22. GRÁFICO FOREST PLOT SEGÚN MÉTODO DE MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DE LEH. GLOBAL.....	103
FIGURA 23. GRÁFICO DE REGRESIÓN LINEAL PARA EDAD. GRUPO EXPERIMENTAL.....	103
FIGURA 24. GRÁFICO DE REGRESIÓN LINEAL PARA EDAD. GRUPO CONTROL .....	103
FIGURA 25. GRÁFICO DE REGRESIÓN LINEAL PARA EDAD. GLOBAL .....	104
FIGURA 26. GRÁFICO DE REGRESIÓN LINEAL PARA PESO. GRUPO EXPERIMENTAL.....	104
FIGURA 27. GRÁFICO DE REGRESIÓN LINEAL PARA PESO. GRUPO CONTROL.....	105
FIGURA 28. GRÁFICO DE REGRESIÓN LINEAL PARA PESO. GLOBAL.....	105
FIGURA 29. GRÁFICO DE REGRESIÓN LINEAL - CANTIDAD DE SESIONES DEL DEPORTE POR SEMANA. GRUPO EXPERIMENTAL .....	106
FIGURA 30. GRÁFICO DE REGRESIÓN LINEAL - CANTIDAD DE SESIONES DEL DEPORTE POR SEMANA. GRUPO CONTROL .....	106
FIGURA 31. GRÁFICO DE REGRESIÓN LINEAL - CANTIDAD DE SESIONES DEL DEPORTE POR SEMANA. GLOBAL .....	107
FIGURA 32. GRÁFICO DE REGRESIÓN LINEAL - CANTIDAD DE SEMANAS DE LA INTERVENCIÓN. ....	107
FIGURA 33. GRÁFICO DE REGRESIÓN LINEAL - CANTIDAD DE SESIONES DE ECR POR SEMANA.....	108
FIGURA 34. GRÁFICO DE REGRESIÓN LINEAL - CANTIDAD DE SESIONES DE ECR TOTALES. ....	108
FIGURA 35. GRÁFICO DE REGRESIÓN LINEAL - CANTIDAD DE EJERCICIOS POR SESIÓN. ....	109
FIGURA 36. GRÁFICO DE REGRESIÓN LINEAL - CANTIDAD DE SERIES AL INICIO DEL TRATAMIENTO.....	109
FIGURA 37. GRÁFICO DE REGRESIÓN LINEAL - CANTIDAD DE SERIES AL FINAL DEL TRATAMIENTO.....	110
FIGURA 38. GRÁFICO DE REGRESIÓN LINEAL - CANTIDAD DE REPETICIONES AL INICIO DEL TRATAMIENTO.....	110
FIGURA 39. GRÁFICO DE REGRESIÓN LINEAL - CANTIDAD DE REPETICIONES AL FINAL DEL TRATAMIENTO.....	111
FIGURA 40. GRÁFICO DE REGRESIÓN LINEAL - TIEMPO DE DESCANSO (S) ENTRE SERIES ..	111
FIGURA 41. GRÁFICO DE REGRESIÓN LINEAL - TIEMPO DE LA SESIÓN DE ECR (MIN).....	112

## Lista de tablas

TABLA 1. PUNTAJES EN ESCALA PEDRO .....	35
TABLA 2. DESCRIPCIÓN DE LOS ARTÍCULOS META ANALIZADOS .....	36
TABLA 3. DESCRIPCIÓN DE LAS INTERVENCIONES DE LOS GRUPOS EXPERIMENTALES Y ENTRENAMIENTOS DE LOS GRUPOS CONTROL.....	37
TABLA 4. TAMAÑOS DE EFECTO CALCULADOS Y ANÁLISIS DE HETEROGENEIDAD.....	41
TABLA 5. TE SEGÚN SEXO .....	46
TABLA 6. TE SEGÚN DEPORTE.....	47
TABLA 7. TE SEGÚN PERIODO DE LA TEMPORADA .....	48
TABLA 8. TE SEGÚN NIVEL DEPORTIVO DE LOS PARTICIPANTES.....	49
TABLA 9. TE SEGÚN MODALIDAD DE ECR .....	50
TABLA 10. TE SEGÚN MANEJO DE LA CARGA DE ENTRENAMIENTO .....	51
TABLA 11. TE SEGÚN MÉTODO DE MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DEL LEH .....	52
TABLA 12. VARIABLES CATEGÓRICAS CONTINUAS.....	54

### **Lista de abreviaturas**

ECR:	entrenamiento contra resistencia
FE:	fuerza explosiva
LEH:	lanzamiento por encima del hombro
TE:	tamaño de efecto
GC:	grupo control
GE:	grupo experimental



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

SEP Sistema de  
Estudios de Posgrado

**Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.**

Yo, Lucía Marín Guillén, con cédula de identidad 114490332, en mi condición de autor del TFG titulado EFFECTO DEL ENTRENAMIENTO CONTRA RESISTENCIA EN LA VELOCIDAD DE LANZAMIENTO POR ENCIMA DEL HOMBRO EN DEPORTISTAS: UN META-ANÁLISIS

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI  NO \*

\*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: \_\_\_\_\_ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

**FIRMA ESTUDIANTE**

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

## **Capítulo I: Introducción**

El lanzamiento por encima del hombro (LEH) constituye el movimiento más rápido en el deporte (Dugas & Mathis, 2016), representa una acción motora presente en diversos deportes como el balonmano, béisbol, cricket, polo acuático, lanzamiento de jabalina, tenis, bádminton y fútbol americano, entre otros (Freeston & Rooney, 2008). Esta capacidad de ejecutar movimientos de cadena abierta rápida como lo son los lanzamientos, las patadas o los golpes constituye un requisito para el éxito en diversos deportes (Markovic et al., 2016) Es por eso que; para deportes colectivos e individuales, se debe tener en consideración la realidad competitiva en la que se realizarán las acciones que se pretenden entrenar, y uno de los puntos importantes a considerar es precisamente el método de preparación física complementario que se utilice (Barrero & Lazarraga, 2019).

En el aspecto biomecánico, el LEH se suele subdividir en fases como el posicionamiento, paso, armado del brazo, aceleración, desaceleración y seguimiento. No obstante, no es indispensable que todas las fases estén presentes en el movimiento (Van den Tillaar, 2005). Aunque exista una generalidad para describir el LEH, este movimiento puede variar técnicamente dependiendo de la disciplina deportiva o como producto de cambios realizados por cada practicante (Wagner et al., 2011). Así mismo, la velocidad de lanzamiento puede modificarse por otros factores dentro de los que se encuentran la técnica, la fuerza de la articulación glenohumeral y/o el rango de movimiento de dicha articulación (Oranchuk et al., 2019).

También se puede atribuir un cambio en la ejecución del movimiento a las lesiones de

hombro (Masayuki et al., 2015). Como posibles causas de las lesiones musculares o articulares se presentan la rigidez capsular posterior del hombro (Nakagawa et al., 2013) las adaptaciones en los rangos de movimiento de los lanzadores al realizar de manera repetida el movimiento (Lubiatowski et al., 2018) o los desbalances musculares producto de la acción deportiva (Mascarin et al., 2017). Para esta última causa, una de las opciones de prevención es el entrenamiento de fuerza.

El LEH, como se indicó previamente, es un componente importante en el rendimiento en distintos deportes. Dicho patrón motor se considera una manifestación de la **fuerza explosiva**, al igual que los saltos, sprints, patadas y golpes (Šmída et al., 2014). La fuerza explosiva (FE) es una capacidad física determinante en el deporte de alto rendimiento en el que la especificidad del patrón motor y el alto nivel requieren de un entrenamiento enfocado en la mejora del desempeño motriz (Cai et al., 2017).

Parte del propósito del presente estudio consistió justamente en analizar los distintos métodos de entrenamiento empleados en la mejora de la FE, es este caso enfocado en el LEH.

## Capítulo II: Marco teórico

Con el afán de mostrar un panorama sobre los métodos de entrenamiento contra resistencia utilizados de manera complementaria en deportes que utilizan el LEH, se requiere una revisión de los diferentes tipos de ejercicios utilizados para el trabajo del componente de fuerza explosiva presente en el LEH de la población deportista, así como la administración de las cargas de trabajo respectivas. También se brinda una breve explicación sobre el componente físico a trabajar y el patrón de movimiento del LEH. Para una mejor comprensión de los temas a tratar se adjunta un esquema con los principales conceptos a mencionar (Figura 1):

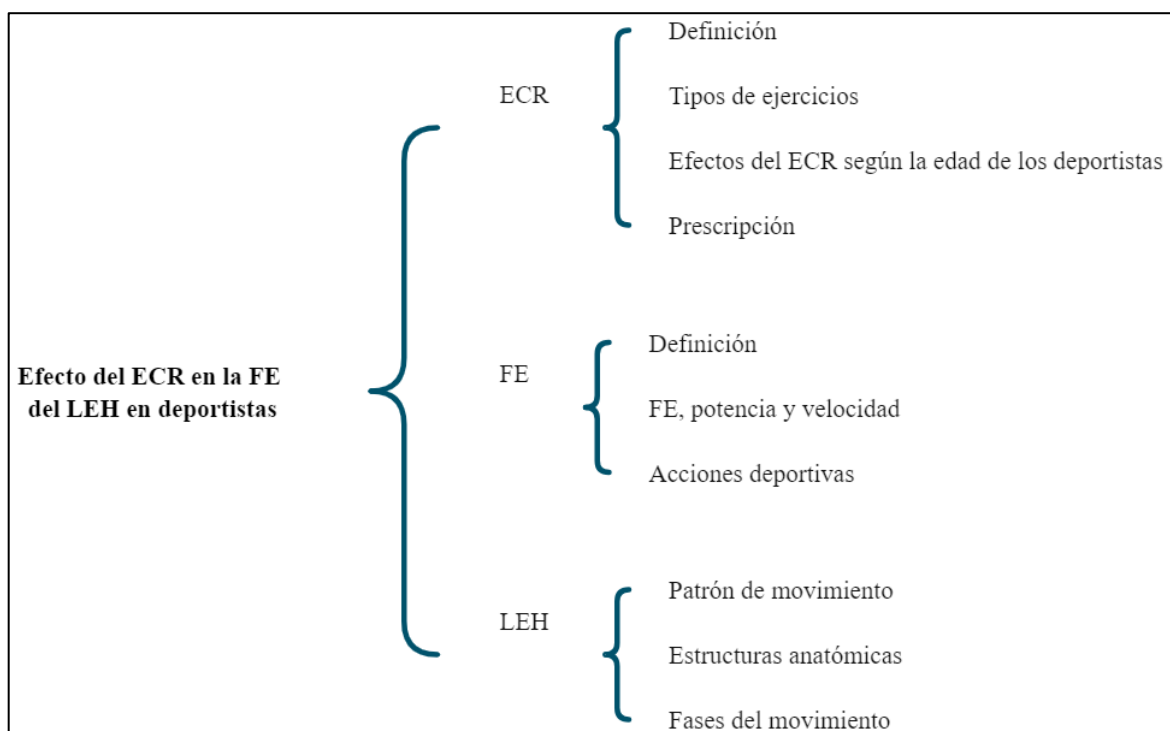


Figura 1. Esquema conceptos del marco teórico.

## *1. Entrenamiento contra resistencia*

### *1.1. Definición*

El entrenamiento contra resistencia (ECR) se define como un ejercicio que requiere el movimiento corporal contra una fuerza (o intento de movimiento), usualmente presentada como equipamiento; también se le conoce como entrenamiento de fuerza o entrenamiento de pesas. Se incluyen ejercicios con el propio peso corporal, bandas elásticas, pliométricos, peso libre o maquinaria que presente una resistencia al movimiento (Fleck & Kraemer, 2014).

### *1.2. Tipos de ejercicios*

Dentro de los tipos de ECR que se conocen están los isométricos, isotónicos (dinámica constante), concéntricos, excéntricos, de resistencia variable, ejercicios con resistencia isoquinética, hidráulica o neumática. Las acciones musculares pueden ser concéntricas o excéntricas (Khant & Shah, 2013).

El ECR también es conocido como entrenamiento de fuerza y a su vez se subdivide en ejercicios generales, especiales y específicos (Szymanski, 2012). Los ejercicios generales sirven para la mejora de la fuerza máxima, los especiales para el aumento de potencia y los específicos para simular la actividad deportiva (Feros et al., 2016). El entrenamiento de fuerza constituye un elemento fundamental en el proceso competitivo de los atletas, siendo la fuerza uno de los 4 elementos de la condición atlética además de la potencia, la velocidad y agilidad; para su prescripción se deben tomar en cuenta los conceptos de especificidad, priorización, periodización y sobre carga progresiva (Arnold & Gentry,

2005). Además de dichos conceptos, se ha sugerido que a la intensidad de la carga se le tome en consideración no sólo el peso y la cantidad de repeticiones de los ejercicios sino la velocidad de ejecución con la que se logra realizar cada acción como parámetro de esfuerzo mecánico y metabólico de los atletas en cada acción. Siendo una mayor velocidad de ejecución ante una resistencia específica una mayor intensidad en el entrenamiento (Marques, 2017).

A largo plazo, el entrenamiento contra resistencia no sólo produce diferencias notorias en hipertrofia y fuerza entre los individuos que constantemente entrenan y los que no, sino que contribuye también a tener mejor activación neuromuscular ante estímulos y mejor tensión específica (Maden-Wilkinson et al., 2019). Dichas diferencias entre sujetos que practican ejercicios contra resistencia y los que no, se notan ampliamente desde el corto plazo (2 a 6 meses) y con el pasar del tiempo se marcan aún más tanto en tamaño como en funcionabilidad del músculo lo cual constituye una ventaja al momento de desempeñar una tarea cotidiana o deportiva (Maden-Wilkinson et al., 2019)

### *1.3. Efectos del ECR según la edad de los atletas*

En atletas niños y jóvenes, el ECR se ha estudiado mediante revisiones de literatura para explorar mitos como el impedimento del crecimiento debido al entrenamiento de pesas, pocas ganancias en la fuerza en niños por falta de testosterona o posibilidad de lesiones por falta de maduración en los huesos (Duhig, 2014). No obstante, al revisar bibliografía en la que se aplica el ECR en jóvenes se encuentran beneficios como un mejor perfil de riesgo cardiovascular, control de peso, fortalecimiento óseo, aumento en la fuerza y la

potencia, mejora en las habilidades motrices, resistencia a las lesiones deportivas, bienestar psicosocial y promoción de hábitos de ejercicio (Duhig, 2014).

Aunque existen diferentes criterios entre autores o entre deportes acerca de la mejor edad para iniciar la especialización deportiva, de manera general se puede mencionar que a partir de los 15 y 16 años en los casos cuando se ha tenido un adecuado proceso deportivo, se dispone de una base sólida para poder aplicar trabajos de fuerza y se encuentra en las condiciones óptimas para la especialización deportiva (Palao et al., 2008). El método de entrenamiento para alcanzar el rendimiento deportivo varía según el nivel de habilidad y la experiencia deportiva de los atletas, en deportistas novatos se destaca el trabajo de control de movimiento y fuerza mientras que en los experimentados donde tanto la técnica como el control son de alto nivel, el trabajo de fuerza debería ser uno de los enfoques del entrenamiento aplicando los estímulos determinados para maximizar el rendimiento funcional de los atletas según su disciplina (Cronin et al., 2001). En la etapa de especialización y la de rendimiento los entrenamientos específicos y complementarios se enfocan en la mejora durante la competición del deporte (González Vállora et al., 2009).

En atletas adolescentes de 17 a 18 años, luego de aplicar 100 sesiones de ECR durante 9 meses, se evaluó el desempeño en fuerza explosiva de miembro inferior (extensores y flexores de cadera, extensores y flexores de rodilla, flexores y dorsiflexores de tobillo) y en la densidad mineral ósea luego de aplicar una carga liviana correspondiente al 60% de una repetición máxima (1RM), carga media (70% 1RM) o carga alta (85% 1RM). Se encontró un aumento en la fuerza explosiva de 1RM de media sentadilla, disminución en

el salto contra movimiento, aumento en la velocidad del sonido, aumento en la atenuación de ultrasonido de banda ancha y aumento en la densidad mineral ósea (Bubanj et al., 2018).

Al medir los efectos del entrenamiento en jóvenes mediante un metaanálisis, se muestra que la maduración influye en los efectos sobre variables físicas relacionadas a la fuerza principalmente por hormonas circulantes. Así mismo, aunque se evidencia una mejora en la fuerza muscular producto del ECR, existen vacíos en los estudios al describir los entrenamientos, las modalidades y sus cargas (Peitz et al., 2018).

En adultos mayores con edades superiores a los 75 años que han sido sometidos a un régimen de ECR se muestra un crecimiento muscular, lo que conlleva a un aumento en la fuerza de los participantes. Dentro de las recomendaciones para que los efectos sean mayores se menciona el dar especial enfoque a la fase excéntrica del movimiento (Stewart et al., 2014).

#### *1.4. Prescripción*

Como se mencionó anteriormente, el ECR puede prescribirse de distintas maneras, una de ellas es el entrenamiento complejo, en el cual se mezclan ejercicios de fuerza con ejercicios pliométricos en la misma sesión de entrenamiento como una estrategia para mejorar la tasa de desarrollo de fuerza y la fuerza dinámica mediante un mejor control neuromuscular (Ali et al., 2017). Dentro de este apartado también toma una gran importancia buscar que el ECR sea lo más beneficioso y seguro posible, evitando programas que puedan presentar una incidencia mayor de lesiones en sus practicantes;

principalmente tomando en cuenta que en el ámbito deportivo, no solamente se debe realizar entrenamiento complementario sino que el propio deporte constituye una carga para el atleta y se vuelve imprescindible estar sano o con ausencia de dolor y lesiones la mayor parte del tiempo (Serafim et al., 2023)

Al consultar metaanálisis previos se encuentra que: el entrenamiento complejo ha mostrado efectos positivos medidos en variables con manifestaciones de fuerza explosiva como el sprint y efectos pequeños al evaluar el salto vertical en deportes de conjunto; dichos resultados se observan en periodos de aproximadamente 6 semanas, con cargas menores al 85% RM y con tiempos de recuperación menores a 2 minutos (Freitas et al., 2017).

Así mismo, el entrenamiento excéntrico se muestra como un método efectivo para la mejora de la fuerza, velocidad, potencia y capacidad de cambio de dirección en atletas masculinos pertenecientes a deportes colectivos de baloncesto, fútbol, balonmano y rugby; por lo que luego de realizar un metaanálisis se recomienda incluir esta modalidad de entrenamiento en los programas de entrenamiento de los deportistas. Dichas mejoras luego de este tipo de entrenamiento ocurren debido a adaptaciones morfológicas y neuromusculares (McNeill et al., 2019).

En deportes olímpicos de tiempo y marca se encuentran efectos moderados y positivos en el rendimiento al realizar ECR siendo los grupos que realizan ejercicios en intensidades altas de carga los que registran los mejores resultados en especial en los atletas entrenados (Lum & Barbosa, 2019). Cuando se meta analizan los resultados se encuentra que la

mejora en la producción de fuerza luego de aplicar el ECR no sólo es atribuible al aumento en masa muscular (i.e., hipertrofia) sino también a las adaptaciones del sistema nervioso (Dankel et al., 2019).

El ECR ha demostrado ser efectivo en la mejora de la velocidad del LEH con TE significativos, siendo las mujeres la población que presenta mayores incrementos de velocidad aunque los hombres también se ven beneficiados del entrenamiento, así mismo en población adulta se observan mejores resultados que en jóvenes al realizar de dos a tres sesiones por semana (Martínez-García et al., 2021). De la misma manera que hay diferentes métodos de entrenamiento y modalidades de ECR, también hay diferentes técnicas dentro del LEH, se ha mostrado por ejemplo que el ECR en su modalidad de CORE tiene efectos positivos en la mejora de la velocidad de lanzamiento estático, pero estos beneficios no se encontraron en el lanzamiento precedido de tres pasos (en balonmano) o de un salto, sin embargo se sugiere mayor investigación tanto de los métodos de entrenamiento como en los diferentes tipos de lanzamiento (Long-Huei Lin et al., 2024)

Para la evaluación de la fuerza explosiva en deportistas se ha encontrado que los ejercicios pliométricos y los ejercicios aplicados en una plataforma de vibración de cuerpo completo producen mejoras significativas en la altura de salto. Dentro de los aspectos más importantes a considerar en los hallazgos, se encuentra la correlación positiva y significativa con el tamaño de efecto global para las siguientes variables en el entrenamiento pliométrico: número de semanas del tratamiento, cantidad de sesiones,

duración de las sesiones y cantidad de series de ejercicios. Aunque el entrenamiento en plataforma vibratoria de cuerpo completo mostró un efecto significativo y positivo en la altura de salto en los deportistas, no se encontraron correlaciones significativas para las variables de entrenamiento (Marín-Guillén & Salicetti-Fonseca, 2017).

Al sumar el ECR de una articulación a los de múltiples articulaciones en hombres entrenados durante 8 semanas con un modelo de periodización lineal se mostró que la fuerza máxima y la circunferencia del brazo aumentaron indiferentemente del método de ECR empleado; es decir, el entrenamiento de grandes grupos musculares produce ganancias también en los músculos de menor tamaño, por lo que los ejercicios multiarticulares se pueden emplear en el entrenamiento de grupos musculares grandes y pequeños (de Franca et al., 2015).

Se ha propuesto la influencia del ECR en el rendimiento en deportes que incorporan actividades de lanzamientos el generar, absorber y transmitir fuerzas a través de la pelvis, la columna vertebral y el tronco. Al comparar los efectos del entrenamiento general y el específico en lanzadores universitarios, la literatura no ha mostrado con cuál tipo de fortalecimiento se obtienen mejores resultados (Palmer et al., 2015).

El tipo de ejercicios que se utilice en la planificación del ECR también se convierte en un factor a considerar al momento de buscar aumentos en la fuerza. Por ejemplo, al evaluar mediante meta análisis las ganancias en contracción muscular al utilizar entrenamiento cruzado se han encontrado efectos positivos en el miembro contralateral al entrenado (Manca et al., 2017).

Al tratar de optimizar el LEH, se busca un aumento de potencia muscular la cual está constituida por la fuerza y la velocidad, siendo estos componentes imprescindibles en los entrenamientos que busquen mejorar el rendimiento de la destreza (Zaras et al., 2013). Se recomienda seguir un fortalecimiento progresivo que incluya patrones diagonales y activación muscular próximo distal que son característicos del LEH en los programas funcionales, así como los tipos de contracciones musculares usados en los movimientos de lanzamientos (Mohondro, 2014). Sin embargo, aunque el ECR representa una herramienta que colabora en el mantenimiento y en la mejora de la fuerza en deportistas, es importante que se realice no sólo el planeamiento del entrenamiento sino una individualización del mismo para optimizar los resultados positivos al combinar componentes de fuerza y los específicos del deporte y/o prueba así como el establecimiento de un patrón óptimo de preparación para las competencias (Sandbakk, 2018).

La fatiga muscular dificulta la función sensorial y motora, lo cual podría aumentar el riesgo de una lesión en la zona del hombro durante la práctica deportiva (Bowman et al., 2006). Además de factores asociados a la fatiga muscular, las lesiones en hombros de deportistas que lanzan repetidamente por encima del hombro se pueden presentar por una acción puntual (e.g., un golpe) o por el sobre uso crónico de la articulación o incluso de la cadena de movimiento, razón por la cual el uso de métodos para identificar las debilidades y fortalezas en las estructuras involucradas en el movimiento es de vital importancia (Borms & Cools, 2018). El fortalecimiento de las estructuras asociadas a la

articulación glenohumeral representaría una de las formas de entrenamiento para lanzamientos y de prevención de lesiones mediante el abordaje también a factores de riesgo como déficit de rotación interna glenohumeral, déficit de fuerza del manguito de los rotadores (en especial de los rotadores externos) y la disquinesia escapular (Cools et al., 2015).

## 2. *Fuerza explosiva*

### 2.1. *Definición*

La fuerza explosiva se define como la capacidad de producir la mayor cantidad de fuerza en el menor tiempo posible, y es de este componente que depende la mejora en la velocidad de un movimiento ante una resistencia determinada (Badillo & Ayestarán, 2002). Para entrenar la fuerza explosiva se han desarrollado distintas estrategias dentro de las que destacan los multisaltos, ECR con ejecuciones rápidas y cargas medias (Horak et al., 2018), ejercicios pliométricos (Swanik et al., 2016), y vibración de cuerpo completo (Marin Guillen & Salicetti Fonseca, 2019), entre otros.

### 2.2. *Fuerza explosiva, potencia y velocidad*

En las etapas iniciales del trabajo de fuerza, las adaptaciones neurales son las que determinan el aumento en la fuerza al ejecutar las acciones con un efecto medible a corto plazo (N. A. Tillin et al., 2012). Las adaptaciones neuromusculares contribuyen a la mejora de fuerza máxima y explosiva (N. Tillin & Folland, 2014), no obstante, en el alto rendimiento, donde las adaptaciones ya se han adquirido, el trabajo específico enfocado en la mejora de la fuerza sumado a la técnica deportiva específica del movimiento (Cristea

et al., 2008). Previo al trabajo de fuerza explosiva, se debe poseer una base de fuerza máxima, sin embargo, en deportistas de alto nivel se debe tener presencia de especificidad en la explosividad para que el aumento de fuerza no perjudique los movimientos rápidos necesarios para la actividad deportiva (Barbier, 2000).

### 2.3. *Acciones deportivas*

La fuerza explosiva, al ser un componente básico en la mejora de velocidad de un movimiento ante una resistencia, se conceptualiza en deportistas como la potencia de la acción o la velocidad del patrón motor (Badillo & Serna, 2002). El factor físico que determina la potencia o la velocidad en las acciones deportivas es justamente la fuerza explosiva, razón por la cual al evaluar alguno de estos dos componentes en una acción motora se puede considerar que el fundamento principal es la fuerza explosiva (Rodríguez, 2004).

Como se mencionó previamente, la fuerza explosiva incluye movimientos de lanzamientos, saltos, sprints, patadas y golpes; y en cada uno de ellos se puede contemplar la manifestación de la fuerza explosiva de una manera diferente como, por ejemplo: altura, velocidad, fuerza, entre otros (Bojić et al., 2019).

## 3. *Lanzamiento por encima del hombro*

### 3.1. *Patrón de movimiento*

Los lanzamientos son una habilidad fundamental que se aprenden desde la niñez, se comienza con el lanzamiento por debajo del hombro con dos y con una mano, para luego seguir con el LEH con dos manos y finalmente el movimiento se aprende con una mano,

acción motora que se establece como el movimiento deportivo más rápido (Van den Tillaar & Marques, 2013). El LEH constituye un patrón de movimiento manipulativo en el que se busca proyectar un objeto, en el caso de los lanzamientos en deporte, se busca que el objeto alcance la mayor distancia y/o velocidad posible (Wilk et al., 2000).

### 3.2. *Estructuras anatómicas*

Estructuralmente, específicamente óseo, el movimiento de LEH involucra estructuras como la articulación glenohumeral, que mediante una rotación interna, permite llevar a cabo la ejecución de la acción motora (Kotagiri et al., 2018). Así mismo, la escápula juega un papel importante en la correcta realización del movimiento al proporcionar alineamiento a la cavidad glenoidea con la cabeza del húmero (Oliver et al., 2016). Para el movimiento y para la estabilización de las estructuras involucradas en el LEH, se involucran los músculos bíceps braquial, pectoral mayor, deltoides, tríceps braquial, dorsal ancho, infraespinoso, trapecio, serrato anterior, supraespinoso y músculos radiales flexores del carpo (Ahamed et al., 2014). Los lanzadores usualmente desarrollan adaptaciones musculares y estructurales que incluyen mayor hipertrofia en el lado dominante de lanzamiento y alteraciones en el rango de movimiento producto de la repetición del gesto deportivo (Ouellette et al., 2006).

### 3.3. *Fases del movimiento*

En el aspecto biomecánico, el LEH se suele subdividir en fases que se pueden definir de la siguiente manera (Gregory & Nyland, 2013):

- a. posicionamiento: codo flexionado y articulación glenohumeral con una ligera rotación interna.
- b. armado inicial: el objeto pasa abandona la mano dominante al mismo tiempo que la pierna opuesta al lanzamiento se adelanta.
- c. armado tardío: la articulación glenohumeral tiene una abducción mayor y alcanza su máxima rotación externa, en esta fase el ángulo de flexión del codo ronda entre  $90^\circ$  y  $120^\circ$  y el antebrazo prono  $90^\circ$ .
- d. aceleración: una aducción y rotación interna de la articulación glenohumeral y una extensión de codo que terminan en el lanzamiento del objeto.
- e. seguimiento: desaceleración posterior al lanzamiento.

Aunque la descripción del movimiento o su división en fases puede cambiar entre autores, de manera general, el LEH se puede dividir en las fases de torsión de tronco, zancada, armado de brazo, aceleración de brazo, desaceleración de brazo y seguimiento (Ghorbani & Bund, 2017).

El LEH está presente en una amplia variedad de deportes como el lanzamiento de jabalina, deportes en los que se pasa y dispara un móvil como balonmano, softball, béisbol; también en los servicios o remates de voleibol. Dentro de los puntos en común que poseen estos deportes se puede mencionar el objetivo de lanzar a máxima velocidad o distancia un objeto con un alto grado de precisión al dar energía cinética al objeto lanzado (Süss et al., 2013).

Para alcanzar una correcta realización del movimiento del LEH, alcanzando la velocidad del proyectil durante el lanzamiento, se necesita tanto de la mezcla de la energía elástica acumulada en el hombro como de la transferencia de la energía cinética de los segmentos corporales proximales a distales, siendo los segmentos proximales como el hombro y el torso los que aportan la mayor cantidad de energía a la acción motora (Roach & Lieberman, 2014). Dicha transferencia de energía entre músculos del tren superior se da mediante el ciclo de estiramiento- acortamiento presente en los músculos de las extremidades superiores (Harrison, 2011).

Para que un atleta pueda realizar un LEH de una manera efectiva se considera necesario que posea capacidades como fuerza muscular, flexibilidad, estabilidad articular, coordinación, sincronía de activación muscular y eficiencia neuromuscular. De las capacidades mencionadas, una de las más importantes para el rendimiento deportivo consiste en la fuerza de lanzamiento que combinada con la precisión determina la probabilidad de éxito en una acción deportiva específica (Eriksrud et al., 2019). Además de buscar aumentar la velocidad final del lanzamiento (y con ello el rendimiento deportivo específico), el trabajo de fortalecimiento muscular se muestra como un punto fundamental en la prevención de posibles lesiones en los atletas; ya que, el LEH es una acción que se realiza repetidamente en el deporte y si se presenta una lesión, el rendimiento en el LEH puede disminuir en aproximadamente un 50% de velocidad (Narvani et al., 2014).

### **Capítulo III: Justificación**

El rendimiento deportivo no se puede atribuir únicamente a un aspecto puntual o aislado, por esta razón el entrenamiento debe incluir componentes físicos, técnicos, tácticos, psicológicos y teóricos. Siendo el componente físico uno de los que debe tratarse con especial cuidado; ya que, entre menor sea el nivel de condición física de un atleta, más rápido alcanzará niveles de fatiga, lo que conllevará al deterioro de la técnica y la táctica (Bompa, 2016).

En el ámbito físico, el éxito deportivo se busca alcanzar mediante un sólido desarrollo de la condición física, en la que se destacan factores básicos del rendimiento, a saber: potencia, fuerza, velocidad, agilidad, coordinación, rapidez, flexibilidad, resistencia muscular local y capacidad aeróbica cardiovascular. Aunque el grado en el que cada componente sea determinante finalmente dependerá de las características del deporte en sí, se considera a la potencia (también descrita en la literatura como fuerza veloz o fuerza explosiva) como probablemente el factor más importante en el rendimiento físico deportivo (Foran, 2007). Razón por la cual se convierte en un paso importante conocer en este caso la metodología más efectiva de entrenamiento contra resistencia para trabajar la potencia de una acción motora como el lanzamiento por encima del hombro.

El trabajo físico complementario enfocado en la mejora de la fuerza en el rendimiento deportivo se da con el propósito de servir a necesidades específicas del deporte, para llevar a los atletas a alcanzar su máximo desempeño posible y no sólo como un aumento en un componente físico aislado (Cazan & Georgescu, 2017). En deportes en los que el énfasis

de las acciones se da en el LEH (e.g., béisbol, balonmano, cricket, lanzamiento de jabalina y polo acuático), el mayor enfoque de los entrenamientos se ha centrado en lograr realizar ejecuciones más rápidas. Dicho objetivo se busca alcanzar al exponer a los atletas a cargas de trabajo; sin embargo, hay distintas perspectivas en el tipo de carga necesaria para alcanzar esta mejora. Una de ellas se enfoca en realizar la carga en la fuerza mediante objetos más pesados al móvil de competencia, y otra, en realizar la carga en la velocidad a través del uso de objetos más livianos al de competencia. Además de dichas modalidades de entrenamiento, es importante mantener el principio de especificidad, en el que un movimiento similar al de competencia podría dar mayores resultados en la mejora del lanzamiento que uno de fuerza general (van den Tillaar, 2004). Las mejoras en el LEH se pueden buscar mediante variantes en las cargas de entrenamiento y el peso de los móviles con los que se realizan las prácticas complementarias, sin embargo aún se necesita profundizar en detalles como los niveles de fuerza necesarios, los rangos de movimiento, progresiones en el peso de los balones utilizados o el volumen total al emplear el ECR en atletas (Job et al., 2022)

La velocidad de lanzamiento constituye un componente importante en el éxito deportivo de los atletas. Al revisar los efectos del entrenamiento general, especial, específico y combinado se encuentran mejoras en la velocidad de lanzamiento en la mayoría de estudios consultados (Szymanski, 2012), sin embargo no se especifica cuál método es más efectivo en la mejora del componente. Se analizaron estudios que incluían los deportes de

béisbol, softbol, balonmano, polo acuático, fútbol y cricket, y se plantean, a manera de resumen los siguientes postulados:

- a. La velocidad de lanzamiento mejoró en los estudios que utilizaron entrenamiento general de 3 a 4 series, con 4 a 6 repeticiones del 55 al 75% del 1 RM o de 3 a 6 repeticiones del 80 al 95% de 1 RM.
- b. La velocidad de lanzamiento también mejoró al utilizar métodos especiales como bandas elásticas, mancuernas, sistemas de cables, ejercicios pliométricos y balísticos.
- c. El método de resistencia específica también mostró mejoras en la velocidad de lanzamiento al emplear entrenamientos con móviles más livianos o pesados a los de competencia.
- d. Las combinaciones de los 3 métodos también producen mejoras en el lanzamiento.

En este caso, Szymanski (2012) presentó una revisión de los distintos métodos en los deportes mencionados, sugiriendo una mejora en el componente de lanzamiento, no obstante, no se compara estadísticamente cuál metodología es más efectiva, pero se sugiere la importancia del entrenamiento contra resistencia en la mejora del lanzamiento.

Se han realizado también revisiones que resaltan no solamente la importancia del ECR en la posible mejora de la velocidad y precisión del LEH sino sus beneficios en la reducción del riesgo lesional. Al revisar dieciséis estudios en los que se aplicó el ECR a jugadores de beisbol indiferentemente de la edad y género, se encontró que mayoritariamente los grupos que realizaron entrenamiento adicional a sus prácticas deportivas mejoraron la velocidad del LEH cuando incorporaron el uso de balones con peso, pliometría,

entrenamiento balístico y entrenamiento de pesas. La incidencia de lesiones no fue reportada de manera general en los estudios (Zhang et al., 2023)

En deportes en los que se involucra el LEH, la velocidad constituye un factor sumamente importante, así como las estrategias de entrenamiento utilizadas para buscar la mejora en el componente. Al meta analizar el efecto de diferentes métodos de entrenamiento en la velocidad del balón o del servicio en deportes como béisbol, tenis o softbol se encuentra una mejora en la velocidad de lanzamiento al utilizar entrenamiento isoquinético, entrenamiento multimodal y entrenamiento periódico (Myers et al., 2015). Dicho estudio incluye trece artículos de los tres deportes anteriormente mencionados; sin embargo, no menciona la estadística para las posibles variables moderadoras, únicamente se describen los métodos y la cantidad de estudios en los que se tuvo mejora. En el ámbito deportivo, este estudio insta a los entrenadores a incorporar un trabajo planificado de fuerza en los programas de entrenamiento de la población deportista con el fin de aumentar su velocidad de lanzamiento.

Uno de los deportes en los que el LEH constituye su acción imprescindible para la anotación (gol) es el balonmano, en este deporte un lanzamiento efectivo será aquel que cumpla con dos características: velocidad y precisión; razón por la cual su entrenamiento representa un factor clave en la preparación física de los jugadores (Jidovtseff et al., 2006). Al revisar el efecto del ECR en diferentes componentes físicos de jugadores de balonmano como fuerza isocinética, lanzamiento, fuerza isométrica, fuerza máxima y potencia todos los componentes evaluados excepto la fuerza isocinética presentaron mejoras

estadísticamente significativas luego del ECR (Bragazzi et al., 2020). En este estudio se incluyeron dieciocho artículos de los cuales trece incluían mediciones de lanzamiento de balón y se presentó un aumento en el valor que fue estadísticamente significativo, la prescripción recomendada en este estudio es de dos a tres veces de entrenamiento semanal por cinco semanas, trabajando el ECR para miembros superiores del cuerpo o con protocolos de resistencia específicos. También en balonmano, se analizaron trece estudios en los que se buscaba el método más efectivo para mejorar la velocidad de lanzamiento. El ECR arrojó los mejores resultados para este objetivo con cinco estudios, el entrenamiento de Core a su vez mostró resultados positivos aunque en menor medida, para atletas jóvenes (Petruzela et al., 2023). Debido a la poca cantidad de estudios para diferentes métodos se sugiere mayor investigación en entrenamientos de contraste, complejos o balísticos debido a las demandas físicas del deporte. Recientemente, también en balonmano se analizaron treinta estudios para conocer los efectos del ECR en tres tipos de LEH: con salto, con carrera y estático; siendo su hallazgo más importante el descubrir que el método de entrenamiento más efectivo fue el uso de barras empleado en el ECR tradicional. Otras modalidades o implementos como las bandas elásticas, balones medicinales, entrenamiento de Core o entrenamiento balístico no mostraron efectos significativos en el LEH, se atribuye esto al número limitado de artículos (Hadjisavvas et al., 2024).

El ECR ha mostrado mejoras en la velocidad del LEH de manera significativa al meta analizar dieciséis artículos, además se han encontrado diferencias en los efectos al

comparar géneros y edades (Martínez-García et al., 2021). En el caso de las edades, los adultos mostraron mayores mejoras que la población joven, así mismo las mujeres tuvieron un incremento en la velocidad del lanzamiento superior a los hombres en los estudios revisados, este apartado sugiere dos aspectos importantes: primero, que los estudios en mujeres son pocos en comparación con los estudios de hombres y segundo, que las mujeres tuvieron un rango de mejora mayor. Se sugiere a la vez, que el ECR comprenda de al menos cuatro semanas con una frecuencia de dos a tres veces por semana, en este estudio no se indican los deportes de los artículos revisados.

El entrenamiento de Core igualmente ha sido tema de estudio para conocer su efecto en el LEH. Al revisar los efectos de este método en el LEH y analizar once artículos, se encontró que los ejercicios de estabilización espinal mejoran la resistencia de la musculatura del tronco así como la fuerza isométrica pero no la velocidad de lanzamiento, los métodos que funcionaron para el aumento en la velocidad de lanzamiento fueron ejercicios de estabilización espinal realizados en suspensión y ejercicios pliométricos de tronco usando balones medicinales (Oyama & Palmer, 2023). El entrenamiento de Core mejora el lanzamiento estático por encima del hombro de manera significativa, efecto que no se presentó para el LEH con pasos y LEH con salto. Los resultados de siete artículos mostraron que para deportistas de balonmano, beisbol y sóftbol los mayores efectos se alcanzaron al tener mayor frecuencia y duración del tratamiento, así como una mejora substancial en los resultados al emplear métodos pliométricos y entrenamiento en

superficies inestables por encima de los mostrados al emplear ejercicios de estabilización espinal (Long-Huei Lin et al., 2024).

Con la literatura revisada se sabe que:

- a. La modificación (aumento o disminución) del peso del móvil para entrenar lanzamientos puede producir mejoras en la fuerza y la velocidad de este
- b. Al revisar los efectos del entrenamiento general, especial, específico y combinado se encuentran mejoras en la velocidad de lanzamiento, pero no se determina con cuál método se dan mayores resultados.
- c. No se ha establecido a profundidad si se obtiene mayor rendimiento con fortalecimiento general o específico.
- d. Se puede lograr mejora en la velocidad de lanzamiento en béisbol, softbol y en el servicio de tenis con diferentes metodologías de entrenamiento.
- e. El ECR mejora la velocidad de lanzamiento en balonmano, así como otros componentes como lo son: fuerza isométrica, fuerza máxima y potencia. Los métodos tradicionales son los más efectivos.
- f. Aunque existen diferencias en los efectos del ECR entre hombres y mujeres, así como entre adultos y jóvenes, todas las poblaciones pueden beneficiarse para la mejora la velocidad de su LEH.
- g. El entrenamiento de CORE mejora el LEH estático, no así el LEH con pasos o con salto. Hay mejoras al emplear métodos pliométricos o en suspensión.

En la literatura revisada se muestra al ECR como una herramienta funcional en el deporte, en aras de buscar mejoras en componentes físicos determinantes del rendimiento como lo es la potencia. Dicha herramienta debe ser administrada de la mejor manera y por ser un tema tan amplio en el que hay distintas formas de implementación y caracterización del entrenamiento, se vuelve pertinente realizar un resumen de los estudios que utilizan los diferentes métodos así como una comparación estadística que sirva a los entrenadores como apoyo en la planificación del entrenamiento, con cargas y ejercicios que brinden mejoras a los componentes físicos deseados de acuerdo con la etapa competitiva en la que se encuentren.

Si bien es cierto y como se mencionó inicialmente, no se pueden ni se deben aislar los componentes de la carga total que se administra a los atletas y se les debe ver de una manera holística que comprenda mediciones objetivas de carácter fisiológico, aspectos subjetivos del entrenamiento (e.g., percepción del atleta), mediciones psicológicas (e.g., estrés) y factores de estilo de vida como patrones de sueño o de alimentación (Verhagen & Gabbett, 2019), es importante conocer cómo optimizar cada uno de ellos y el apartado físico es probablemente el que mejor se pueda manipular durante el entrenamiento específico y complementario, razón por la cual es el eje de investigación en este escrito.

Al resumir y comparar estadísticamente los métodos de entrenamiento para trabajar en el LEH se busca reforzar con fundamentos teóricos y evidencia científica la importancia de un trabajo físico complementario en pro de la mejora de componentes como la potencia que es un determinante de rendimiento deportivo. Se pretende beneficiar a entrenadores y

preparadores físicos al brindar datos que sirvan de apoyo a la planificación del entrenamiento complementario en atletas que pertenezcan a deportes en los que estén presentes acciones de LEH.

Considerando la información presentada en este apartado, surgen interrogantes como el efecto que puedan presentar componentes que no se estén cuantificando en el entrenamiento contra resistencia o los demás aspectos propios de la práctica deportiva (técnicos, tácticos, psicológicos, nutricionales, de sueño o de la temporada de competencia). En el caso de que los estudios reporten alguno de estos aspectos se contemplará la información, pero se debe tener consideración de que se buscarán los efectos de la manipulación únicamente de uno de los componentes del entrenamiento: la práctica complementaria de ejercicios contra resistencia en sus posibles modalidades.

## Capítulo IV: Objetivos e Hipótesis

### 1. Objetivo general

Determinar el efecto del ECR en la velocidad de LEH en deportistas.

### 2. Hipótesis

H<sub>0</sub>: El ECR no posee efecto significativo en la velocidad de LEH en deportistas.

H<sub>i</sub>: El ECR posee efecto significativo en la velocidad de LEH en deportistas.

### 3. Objetivos secundarios: (en caso de que se cumpla la hipótesis de investigación)

a. Determinar cuál tipo de ECR produjo mayores efectos en la velocidad de LEH en deportistas.

b. Determinar el tiempo de prescripción de ECR necesario para tener mejoras en el LEH.

c. Indicar cuáles variables moderadoras y en qué medida influyeron en la mejora del LEH al realizar ECR.

### 4. Definición de variable:

La operacionalización de la variable dependiente del estudio se muestra a continuación:

Variable	Definición operacional
Fuerza explosiva	Capacidad de producir la mayor cantidad de fuerza en el menor tiempo posible. Medida a través de velocidad de lanzamiento

### 5. Delimitaciones:

El estudio estuvo delimitado a artículos que midan el efecto del ECR en el LEH en población deportista; ya sean hombres o mujeres. Dicho entrenamiento debía ser un complemento a la práctica deportiva.

#### **6. Limitaciones:**

Se dependió de descripciones detalladas de los protocolos de entrenamiento que se brindaron en los artículos.

La estadística descriptiva reportada en los artículos debía incluir promedios y desviaciones estándar para realizar la técnica de metaanálisis.

La limitación asociada a la calidad de los artículos incluidos se midió aplicando una escala de calidad y contando con criterios de inclusión mínimos para incorporar artículos al metaanálisis.

## Capítulo V: Metodología

La metodología utilizada para la elaboración del metaanálisis fue la propuesta por (Moher et al., 2016) la cual incluye:

### *I. Métodos de recolección de la información*

#### a. Elección de estudios:

##### i. Criterios de inclusión

- a. Participantes: población deportista
- b. ECR: tratamiento adicional a la práctica deportiva
- c. Con un grupo control
- d. Cantidad de participantes reportada
- e. Se indiquen mediciones pretest y post test de la variable dependiente
- f. Se presenten promedios y desviaciones estándar de las medidas reportadas
- g. Artículos sin importar la fecha de publicación
- h. Artículos en idioma inglés o español
- i. Diseño: estudios experimentales, con grupo control y al menos un grupo experimental.

##### ii. Criterios de exclusión

- a. Ser un estudio de caso
- b. Se reporten lesiones en los participantes
- c. Se reporte suplementación de cualquier tipo
- d. Se mida un efecto agudo del tratamiento
- e. Se combinen tratamientos en un mismo grupo experimental.

f. Se excluyeron estudios en idiomas diferentes al inglés y español.

2. *Fuentes de información*

a. Bases de datos

Se utilizaron las siguientes bases de datos:

a. Springer Link

b. Science Direct

c. PubMed

d. ProQuest

e. Ovid

f. Web of Science

g. Bases de datos de EBSCOhost: Academic Search Complete, Education Research Complete, ERIC, Fuente Académica Premier, MEDLINE, OmniFile, SPORTDiscus.

b. Estrategia de búsqueda

Las palabras claves para la búsqueda en inglés fueron: resistance training, strength training, overhead throwing, throwing sport, power, velocity. En español se utilizaron las palabras entrenamiento contra resistencia, entrenamiento de fuerza, potencia, velocidad, lanzamiento y deporte. Se utilizaron los operadores booleanos AND, OR, NOT para concatenar dichas palabras. La frase booleana empleada fue: (resistance training or strength training or weight training or resistance exercise) AND (sport\* or athlet\* or overhead athlet\* or throwing athlet\* ) AND (overhead throw\* or overhead velocity or overhead speed or throwing speed or throwing velocity or ball velocity or ball speed).

Adicionalmente, se realizó una búsqueda secundaria de artículos revisando la lista de referencias de los artículos incluidos y de otros artículos relevantes.

c. Evaluación inicial de los estudios potencialmente seleccionables

Basándose en el objetivo de investigación, una investigadora realizó la búsqueda inicial de bibliografía con las palabras clave indicadas anteriormente y las posibles combinaciones de palabras y frases. El primer filtro fue el título y el resumen de los artículos, luego la investigadora realizó una lectura general de los potenciales artículos a incluir. En este proceso se llevó el registro de la cantidad inicial de artículos que arroja la búsqueda en las diferentes bases de datos consultadas, la cantidad y razón de exclusión en cada una de las etapas selectivas hasta que se obtuvo el número final de artículos para el metaanálisis. La información se resume en la imagen de flujograma (Ilustración 2).

d. Selección final de los estudios

De cada artículo seleccionado se extrajo las características del estudio (año de publicación, idioma de publicación, un puntaje de calidad), características de los participantes (sexo, edad, disciplina deportiva, nivel deportivo), características del ECR (modalidad, series, repeticiones, cantidad de ejercicios, temporada competitiva). Los estudios fueron elegidos por dos investigadores. En los casos de discrepancia acerca de la inclusión o no de un estudio, ésta se revisó en conjunto y se llegó al acuerdo del número final de artículos incluidos, no se requirió de la opinión de una tercera persona.

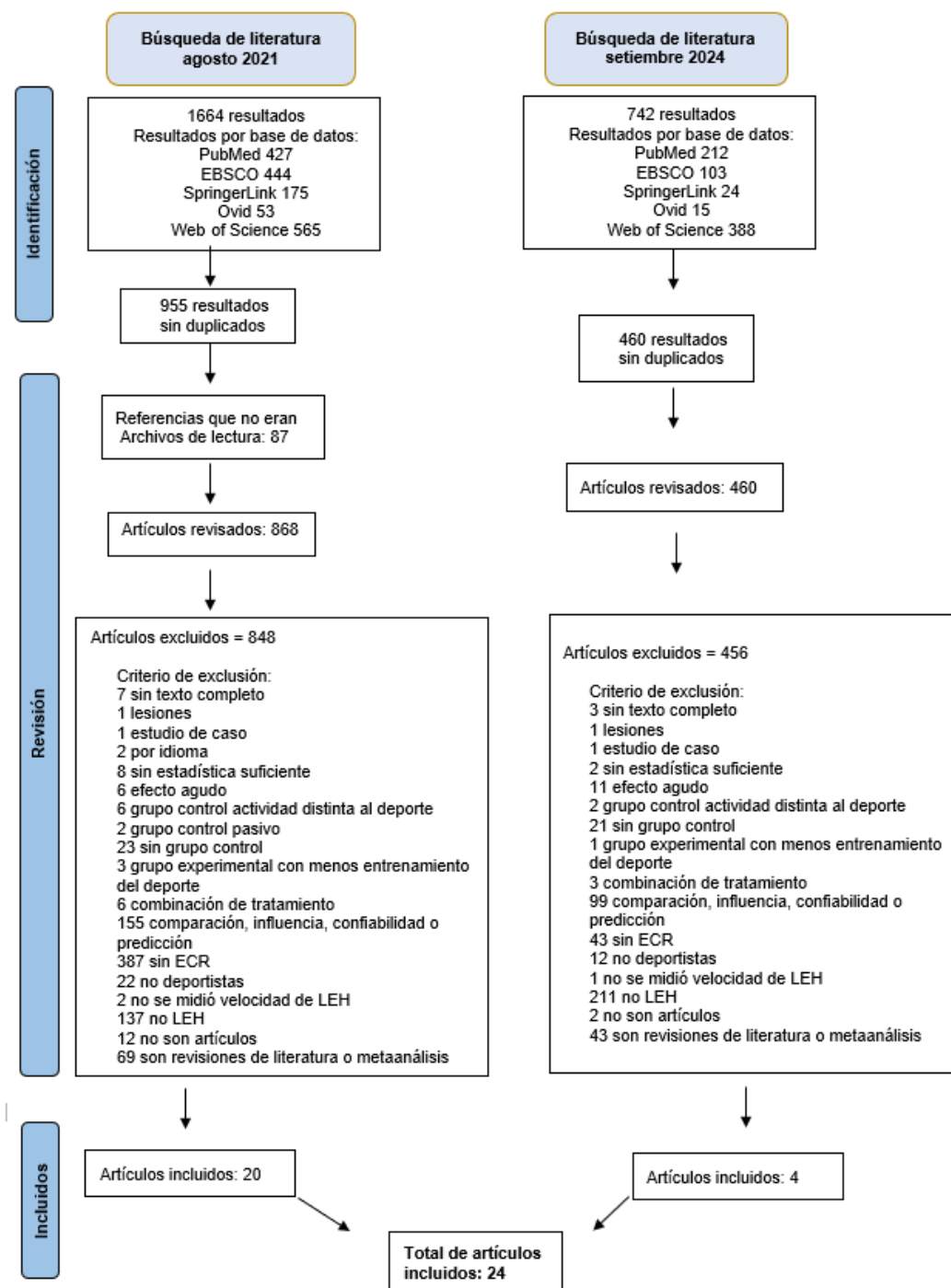


Figura 2. Flujo de la búsqueda de información.

e. Codificación de los estudios

Los datos fueron codificados en una hoja de cálculo prediseñada en Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA).

f. Evaluación de riesgo de sesgo

Se utilizó la escala PEDro. Dicha escala mide la calidad metodológica de los estudios mediante 11 ítems en la que, luego de realizar una lectura exhaustiva al estudio, se da 1 punto si se cumple con el criterio y no se brinda ningún punto si no se cumple claramente con el enunciado en la descripción del estudio analizado. El puntaje máximo es 10, debido a que el primer ítem en el que se indica si los criterios de elegibilidad fueron especificados no se incluye en la sumatoria total (de Morton, 2009). Al utilizar instrumentos para evaluar la calidad metodológica se busca identificar posibles sesgos en los estudios y para su aplicación se sugiere práctica previa (Matos & Sousa Pegorari, Winter2020).

3. *Cálculo del tamaño de efecto*

Para el metaanálisis se realizó un análisis intragrupo (comparación de medidas pre y post).

4. *Análisis estadístico*

a. Selección de modelo

Para el análisis se utilizó el modelo de efectos aleatorios, el cual asume que los tamaños de efecto varían entre los estudios (Borenstein, 2009) (DerSimonian & Laird, 1986).

Dichos análisis estadísticos se realizaron utilizando el software OpenMEE. En este

estudio, el tamaño de efecto (TE) se interpretó como trivial ( $TE = 0-0.19$ ), pequeño ( $TE = 0.20-0.49$ ), moderado ( $TE = 0.50-0.79$ ) y grande ( $TE \geq 0.80$ ) (Cohen, 1992).

b. Análisis de heterogeneidad y consistencia

El grado de heterogeneidad de los estudios fue analizado por medio de la prueba Q de Cochran (Cochran, 1954). Esta prueba proporciona una probabilidad (p), la cual se basa en una distribución  $\text{Chi}^2$ , en la que se estudia si la diferencias entre los estudios es igual o mayor a la que se obtendría debido al azar. Adicionalmente, se calculó el grado de consistencia entre los estudios por medio de la prueba  $I^2$  (Higgins et al., 2003). Este estadístico permite tener un mayor grado de confianza acerca los hallazgos del metaanálisis. Aunque la inconsistencia se estima por medio de la prueba Q de Cochran, el  $I^2$  es un estadístico que brinda información complementaria debido a que no se ve influenciado por la potencia estadística (que depende del número de estudios). El estadístico  $I^2$  va de 0 a 100%, y se interpreta como de baja ( $\leq 25\%$ ), moderada (26-74%) y alta ( $\geq 75\%$ ) (Higgins et al., 2003)

c. Efecto de estudios pequeños

El efecto de los estudios con muestras pequeñas se determinó por medio de la inspección visual de gráficos tipo *Funnel Plot* o embudo (Sterne & Egger, 2001) y por medio de la prueba de regresión de Egger (Egger et al., 1997) (Sedgwick & Marston, 2015), y el efecto de trabajos archivados (Orwin, 1983) (Rosenberg, 2005).

d. Análisis de variables moderadoras o covariables

Se utilizó el programa Open MEE para realizar análisis subgrupo con las variables categóricas, y a su vez se realizaron meta regresiones con las variables continuas. Finalmente, se construyeron IC95% para los estadísticos calculados.

e. Análisis de Varianza

Se realizaron análisis de varianza para los métodos de entrenamiento que arrojaron TE estadísticamente significativos para determinar si existía diferencia entre ellos. Así mismo se realizaron análisis post hoc para determinar las diferencias entre los métodos de ECR (Kim, 2017).

## Capítulo VI: Resultados

Se incluyeron veinticuatro artículos en el metaanálisis. Los artículos evaluaron 645 sujetos, 549 de ellos fueron hombres y 96 fueron mujeres. Dieciséis artículos fueron en balonmano, cinco en beisbol, dos en waterpolo y uno en tenis. La calidad metodológica de los puntajes conseguida en la escala PEDro al evaluar los estudios incluidos se resume en la Tabla 1.

*Tabla 1. Puntajes en Escala PEDro*

Ítems escala PEDro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Allegue et al. (2023)	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Aloui et al. (2019).	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Bauer & Muehlbauer (2022).	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Behringer et al. (2013).	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Bouagina et al. (2022).	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Cherif et al (2016).	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	5
DeRenne, Ho & Blitzblau. (1990).	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Escamilla et al. (2010).	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Escamilla et al. (2012).	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Gorostiaga et al. (1999).	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	5
Hermassi et al. (2019).	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Hermassi et al. (2010).	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Hermassi et al. (2011).	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Hermassi et al. (2019).	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Hoff & Almasbakk. (1995).	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Manchado et al. (2017).	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Mascarin et al. (2017).	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Mascarin et al. (2017). 2	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
McEvoy & Newton. (1998).	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	5
Newton & McEvoy. (1994).	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Ozmen et al. (2020).	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Ramos Veliz et al. (2014).	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Saez de Villareal et al. (2023).	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Veliz et al. (2015).	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6

Se otorga un punto si se cumple con el criterio y no se brinda ningún punto si no se cumple claramente con el enunciado en la descripción del estudio analizado. El puntaje máximo

es diez, debido a que el primer ítem en el que se indica si los criterios de elegibilidad fueron especificados no se incluye en la sumatoria total (de Morton, 2009).

Una breve descripción de los artículos incluidos se muestra en la Tabla 2 donde se detalla la población de cada estudio, el tipo de lanzamiento y método de medición y la intervención de manera general.

*Tabla 2. Descripción de los artículos meta analizados*

Estudio	Población	Lanzamiento y medición	Intervención
Allegue et al. (2023)	24 jugadores de balonmano de primera división. GC: n12. Edad $17.7 \pm 0.99$ GE: n 12. Edad: $16.7 \pm 0.4$	4 tipos de lanzamiento de balonmano medidos con radar	Entrenamiento de contraste.
Aloui et al. (2019).	30 jugadores juveniles de balonmano. GC: n15. Edad $18.8 \pm 0.8$ GE: n15. Edad $18.3 \pm 0.8$	3 tipos de lanzamiento de balonmano medidos con cámara de video.	Entrenamiento con bandas elásticas.
Bauer & Muehlbauer (2022).	26 jugadores sub-élite de balonmano. GC: n 13. Edad: $17.2 \pm 0.8$ GE: n 13. Edad: $16.9 \pm 0.6$	Lanzamiento de penal en balonmano medido con radar	Entrenamiento de CORE.
Behringer et al. (2013).	33 jugadores juveniles de tenis. GC: n 10. Edad: $14.6 \pm 1.8$ GE 1: n 13. Edad: $15.1 \pm 1.8$ GE 2: n 10. Edad: $15.5 \pm 0.9$	20 servicios de tenis medidos con radar.	Entrenamiento de pliometría. Entrenamiento en máquina.
Bouagina et al. (2022).	26 jugadores juveniles de balonmano. GC: n 11. Edad: $17.36 \pm 0.5$ GE: n 15. Edad: $17.6 \pm 0.51$	3 tipos de lanzamiento de balonmano medidos con radar	Entrenamiento en máquina de resistencia balística.
Cherif et al (2016).	22 jugadores senior de balonmano. Edad: $22.1 \pm 3$ GC: 11 GE: 11	Lanzamiento de balonmano desde 9 m con salto medido con cámara de video.	Entrenamiento con peso libre en cancha.
DeRenne. Ho & Blitzblau. (1990).	30 jugadores juveniles de baseball. GC: n 10. Edad de 16 a 18 GE 1: n 10. Edad de 17 a 18. GE 2: n:10. Edad 18	Lanzamiento estático de baseball medido con radar	Entrenamiento con balón más pesado. Entrenamiento con balón más liviano.
Escamilla et al. (2010).	34 jugadores juveniles de baseball. GC: n 17. Edad: $12.5 \pm 1.5$ GE: n 17. Edad: $12.9 \pm 1.7$	Lanzamiento de baseball con posibilidad de 1 paso. medido con radar.	Entrenamiento con ligas elásticas.
Escamilla et al. (2012).	58 jugadores juveniles de baseball. GC: n 15. Edad: $15.8 \pm 1.4$ GE 1: n 14. Edad: $15.2 \pm 1.1$ GE 2: n 15. Edad: $15.4 \pm 1.3$ GE 3: n 14. Edad $15.8 \pm 0.8$	Lanzamiento de baseball a 22.9 m medido con radar	Entrenamiento con programa Thrower Ten. Entrenamiento con equipo de resistencia Keiser Pneumatic. Entrenamiento de pliometría.
Gorostiaga et al. (1999).	19 jugadores juveniles de balonmano. Edad: $15.1 \pm 0.5$ GC: 9. GE: 9	lanzamiento estático de balonmano medido con el tiempo entre fotocelda y mat.	Entrenamiento con peso libre.
Hermassi et al. (2019).	20 jugadores de balonmano de segunda división. Edad $21.2 \pm 0.7$ GC 10. GE: 10.	3 tipos de lanzamiento de balonmano medidos con video	Entrenamiento con peso libre en cancha.
Hermassi et al. (2010).	26 jugadores elite de balonmano. GC: n 8. Edad: $20 \pm 0.5$ GE 1: n: 9. Edad: $20.1 \pm 0.6$ GE 2: n 9. Edad: $20 \pm 0.7$	2 tipos de lanzamiento de balonmano medidos con cámara de video	Entrenamiento con peso libre.

Hermassi et al. (2011).	24 jugadores elite de balonmano. GC: n 12. Edad: 20.2 ±1.5 GE: n 12. Edad 22.1 ± 1.7	3 tipos de lanzamiento de balonmano medidos con video	Entrenamiento con peso libre y resistencia alta.
Hermassi et al. (2019).	22 jugadores de balonmano de primera división. GC: n 11. Edad: 20.1 ± 0.5 GE: n 11. Edad 20.3 ± 0.5	3 tipos de lanzamiento de balonmano medidos con video	Entrenamiento con movimientos multiarticulares.
Hoff & Almasbakk. (1995).	11 jugadoras de balonmano de segunda división. GC: n 5. Edad: 19.6 ± 2. GE: n 6. Edad: 19.8 ± 2	2 tipos de lanzamiento de balonmano medidos con video	Entrenamiento de peso libre solamente press de pecho.
Manchado et al. (2017).	30 jugadores de balonmano. GC: n 15. Edad: 18.9 ± 3.8. GE: n 15. Edad: 18.5 ± 3.	8 tipos de lanzamiento de balonmano medidos con radar	Entrenamiento de CORE.
Mascarin et al. (2017).	25 jugadoras de balonmano de nivel nacional. GC dominante: n7. Edad 15.9 ±1.2 GC no dominante: n5. Edad 15.4 ± 0.9. GE dominante: n 8. Edad: 15.3 ± 0.9 GE no dominante: n5. Edad: 15.2 ± 0.5	Lanzamiento de penal de balonmano medido con radar.	Entrenamiento con bandas elásticas.
Mascarin et al. (2017). 2	39 jugadoras de balonmano de nivel nacional. GC: n18. Edad: 15 ±0.8 GE: n21. Edad: 15.3 ± 1.1	2 tipos de lanzamiento de balonmano medidos con radar	Entrenamiento con bandas elásticas.
McEvoy & Newton. (1998).	18 jugadores de baseball de nivel nacional. Edad: 24 ± 4 GC: 9. GE: 9	Lanzamiento de baseball medido con radar	Entrenamiento balístico.
Newton & McEvoy. (1994).	24 jugadores de baseball de nivel nacional. Edad 18.6 ± 1.9 GC: 8 GE1: 8. GE2: 8	Lanzamiento de baseball medido con radar	Entrenamiento con balón medicinal. Entrenamiento con barra.
Ozmen et al. (2020).	20 jugadores no elite de balonmano. GC: n 10. Edad: 14.9 ± 0.56 GE: 14.9 ± 0.31	8 tipos de lanzamientos de balonmano medidos con radar	Entrenamiento de CORE.
Ramos Veliz et al. (2014).	27 jugadores elite de waterpolo. Edad: 20.43 ± 5.09. GC: 11. GE: 16	Lanzamiento de waterpolo medido con radar	Ejercicios multiarticulares.
Saez de Villareal et al. (2023).	36 jugadores de balonmano de segunda división. GC: n 12. Edad: 20.6 ±1.6 GE1: n 12. Edad: 19.8 ± 2.2. GE2: n 12. Edad 20.5 ± 1.6	3 tipos de lanzamiento de balonmano medidos con radar	Entrenamiento de pliometría. Entrenamiento excéntrico.
Veliz et al. (2015).	21 jugadoras de waterpolo de primera división. Edad 26.4 ± 4.3. GC: 10. GE: 11	Lanzamiento de waterpolo medido con radar	Entrenamiento de peso libre para tren inferior.

Las intervenciones en los grupos experimentales de los artículos incluidos, así como la descripción de los entrenamientos del deporte respectivo realizados por los grupos control se resumen en la Tabla 3.

*Tabla 3. Descripción de las intervenciones de los grupos experimentales y entrenamientos de los grupos control.*

Estudio	Grupo experimental	Grupo control
Allegue et al. (2023)	<u>Entrenamiento de contraste.</u> 2 sesiones de 40 min por semana durante 8 semanas. Realizaron 4 ejercicios. Comenzaron con 6 series de 6 repeticiones al 60% de su RM y terminaron con 6 series de 4 repeticiones al 75%.	5 entrenamientos de balonmano por semana. Duración de cada entrenamiento 100 min.

	Tiempo de descanso entre series: 4 minutos.	1 juego por semana
Aloui et al. (2019).	<u>Entrenamiento con bandas elásticas.</u> 2 sesiones de 30 min por semana durante 8 semanas. Realizaron 4 ejercicios. Comenzaron con 3 series de 12 repeticiones con ligas de 78,4 N y terminaron con 3 series de 15 repeticiones con ligas de 178 N. Tiempo de descanso entre series: 1:30 minutos.	6 entrenamientos de balonmano por semana. Duración de cada entrenamiento 90 min. 1 juego por semana.
Bauer & Muehlbauer (2022).	<u>Entrenamiento de CORE.</u> 3 sesiones de 30 min por semana durante 6 semanas. Realizaron 3 ejercicios. Comenzaron con 3 series de 45 repeticiones y terminaron con 3 series de 75 repeticiones. En las semanas impares fueron ejercicios isométricos y en las semanas pares el mismo ejercicio, pero de forma dinámica a 60 bpm de velocidad.	3 entrenamientos de balonmano por semana. Duración de cada entrenamiento 90 min. 1 juego por semana.
Behringer et al. (2013).	<u>Entrenamiento de pliometría.</u> 2 sesiones de 45 min por semana durante 8 semanas. Comenzaron con 2 series de 20 repeticiones y terminaron con 4 series de 12 a 15 repeticiones. En cada serie realizaron de 4 a 8 ejercicios. Tiempo de descanso entre ciclos: 20 segundos. <u>Entrenamiento en máquina.</u> 2 sesiones por semana durante 8 semanas. Realizaron 7 ejercicios. Comenzaron con 2 series de 15 repeticiones al 65% de su RM y terminaron con 2 series de 10 repeticiones al 85%. Tiempo de descanso entre series: 1 minuto.	2 entrenamientos de tenis por semana. Duración de cada entrenamiento 90 min. No indica si está en etapa competitiva.
Bouagina et al. (2022).	<u>Entrenamiento en máquina de resistencia balística.</u> 2 sesiones de 45 min por semana durante 8 semanas. Comenzaron con 4 series de 8 repeticiones y terminaron con 5 series de 8 repeticiones. Tiempo de descanso entre series: 3 minutos. Se realizó un ajuste de carga a mitad de la intervención. Durante las 4 semanas de cada carga realizaron 64, 80, 96 y 72 lanzamientos.	5 entrenamientos de balonmano por semana. Duración de cada entrenamiento 90 min. 1 juego por semana.
Cherif et al (2016).	<u>Entrenamiento con peso libre en cancha.</u> 2 sesiones por semana durante 12 semanas. Realizaron 5 ejercicios. Comenzaron con 5 series de 8 repeticiones al 85% de su RM y terminaron con 3 series de 3 repeticiones al 95%. Después de cada serie realizaron lanzamientos de balonmano comenzando en 12 y terminando en 40. Tiempo de descanso entre series: 3 minutos	7 entrenamientos de balonmano por semana. No indica la duración de cada entrenamiento. 1 juego por semana.
DeRenne, Ho & Blitzblau. (1990).	<u>Entrenamiento con balón más pesado.</u> 3 sesiones por semana durante 10 semanas. 50 lanzamientos con una pelota 20% más pesada que la de competencia <u>Entrenamiento con balón más liviano.</u> 3 sesiones por semana durante 10 semanas. 50 lanzamientos con una pelota 20% más liviana que la de competencia	No indica detalles de los entrenamientos de baseball, ni de estar en temporada competitiva o no.
Escamilla et al. (2010).	<u>Entrenamiento con ligas elásticas.</u> 3 sesiones de 75 min por semana durante 4 semanas. Realizaron 17 ejercicios. Una serie de 20 a 25 repeticiones de cada ejercicio. Duración aproximada de 30 minutos con las ligas, seguidos de 30 minutos de lanzamientos.	Fuera de temporada competitiva de baseball.
Escamilla et al. (2012).	<u>Entrenamiento con programa Thrower Ten.</u> 3 sesiones de 60 min por semana durante 6 semanas. Realizaron 18 ejercicios. Comenzaron con 2 series de 12 repeticiones y terminaron con 2 series de 8 repeticiones. Tiempo de descanso: 1 a 2 minutos. <u>Entrenamiento con equipo de resistencia Keiser Pneumatic.</u> 3 sesiones de 60 min por semana durante 6 semanas. Realizaron 16 ejercicios. Comenzaron con 2 series de 12 repeticiones y terminaron con 2 series de 8 repeticiones. Tiempo de descanso: 1 a 2 minutos. <u>Entrenamiento de pliometría.</u> 3 sesiones de 60 min por semana durante 6 semanas. Realizaron 32 ejercicios. Comenzaron con 1 serie de 10 repeticiones y terminaron con 1 serie de 6 repeticiones. Tiempo de descanso: 1 a 2 minutos.	2 a 3 juegos de baseball por semana
Gorostiaga et al. (1999).	<u>Entrenamiento con peso libre.</u> 2 sesiones de 40 min por semana durante 6 semanas. Realizaron 5 ejercicios. Trabajaron 4 series de 12, 10, 6 y 3 repeticiones al 40, 50, 80 y 90% de su RM. Tiempo de descanso: 1:30 minutos.	2 a 3 entrenamientos de balonmano por semana. Duración de cada entrenamiento 90 min.

		1 juego por semana.
Hermassi et al. (2019).	<u>Entrenamiento con peso libre en cancha.</u> 2 sesiones de 54 min por semana durante 8 semanas. Realizaron 4 ejercicios. Comenzaron con 3 series de 6 a 8 repeticiones al 55% de su RM y terminaron con 4 series de 3 repeticiones al 85%. Tiempo de descanso entre series: 3 minutos.	6 entrenamientos de balonmano por semana. Duración de cada entrenamiento 90 min. 1 juego por semana.
Hermassi et al. (2010).	<u>Entrenamiento con peso libre - pesado</u> 2 sesiones de 54 min por semana durante 10 semanas. Realizaron 2 ejercicios. Comenzaron con 3 series de 3 a 5 repeticiones al 80% de su RM y terminaron con 3 series de 4 repeticiones al 95%. Tiempo de descanso entre series: 3 a 4 minutos. <u>Entrenamiento con peso libre - moderado</u> 2 sesiones de 54 min por semana durante 10 semanas. Realizaron 2 ejercicios. Comenzaron con 2 a 3 series de 6 repeticiones al 55% de su RM y terminaron con 3 a 4 series de 6 repeticiones al 75%. Tiempo de descanso entre series: 1 minuto a 1:30 minutos.	2 a 3 entrenamientos de balonmano por semana. Duración de cada entrenamiento 90 min. 1 juego por semana.
Hermassi et al. (2011).	<u>Entrenamiento con peso libre y resistencia alta.</u> 2 sesiones durante 8 semanas. Realizaron 3 ejercicios. Comenzaron con 3 series de 3 repeticiones al 80% de su RM y terminaron con 3 series de 4 a 5 repeticiones al 95%. Tiempo de descanso entre series: 3 a 4 minutos.	3 a 4 entrenamientos de balonmano por semana. Duración de cada entrenamiento 90 min. 1 juego por semana.
Hermassi et al. (2019).	<u>Entrenamiento con movimientos multiarticulares.</u> 2 sesiones durante 12 semanas. Realizaron 4 ejercicios. Comenzaron con 3 series de 6 repeticiones al 55% de su RM y terminaron con 4 series de 6 repeticiones al 75%. Tiempo de descanso entre series: 3 a 4 minutos.	6 entrenamientos de balonmano por semana. Duración de cada entrenamiento 90 min. 1 juego por semana.
Hoff & Almasbakk. (1995).	<u>Entrenamiento de peso libre solamente press de pecho.</u> 3 sesiones durante 9 semanas. Comenzaron con 3 series de 5 a 6 repeticiones al 85% de su RM y terminaron con 3 series de 5 a 6 repeticiones al 85%, ajustando 2,5 kg cuando lograban más de 6 repeticiones. Tiempo de descanso entre series: 2 a 5 minutos.	Solamente indica que está en periodo competitivo, pero no brinda detalles de los entrenamientos de balonmano
Manchado et al. (2017).	<u>Entrenamiento de CORE.</u> 3 sesiones de 10 a 25 min por semana durante 10 semanas. Realizaron 7 ejercicios tanto dinámicos como estáticos. Comenzaron con 3 series de 154 a 170 ECOs (equivalente objetivo de carga) y terminaron con 3 series de 228 a 238 ECOs.	4 entrenamientos de balonmano por semana en periodo competitivo. No indica duración.
Mascarin et al. (2017).	<u>Entrenamiento con bandas elásticas.</u> 3 sesiones de 30 min por semana durante 6 semanas. Realizaron 2 ejercicios. Comenzaron con 3 series de 10 repeticiones en resistencia suave y terminaron con 3 series de 20 repeticiones en resistencia fuerte. Tiempo de descanso entre series: 30 segundos.	3 entrenamientos de balonmano por semana. Duración de cada entrenamiento 180 min.
Mascarin et al. (2017). 2	<u>Entrenamiento con bandas elásticas.</u> 3 sesiones de 30 min por semana durante 6 semanas. Realizaron 2 ejercicios. Comenzaron con 3 series de 10 repeticiones en resistencia suave y terminaron con 3 series de 20 repeticiones en resistencia fuerte. Tiempo de descanso entre series: 30 segundos.	3 entrenamientos de balonmano por semana. Duración de cada entrenamiento 180 min.
McEvoy & Newton. (1998).	<u>Entrenamiento balístico.</u> 3 sesiones cada 2 semanas durante 10 semanas (15 sesiones en total). Realizaron 2 ejercicios. Comenzaron con 3 series de 6 a 8 repeticiones y terminaron con 3 series de 6 a 8 repeticiones. Tiempo de descanso entre series: 3 minutos.	Solamente indica que es fuera de temporada competitiva de baseball.
Newton & McEvoy. (1994).	<u>Entrenamiento con balón medicinal.</u> 2 sesiones por semana durante 8 semanas. Realizaron 2 ejercicios. Comenzaron con 3 series de 8 repeticiones y terminaron con 3 series de 10 repeticiones con un balón de 3 kg. Tiempo de descanso entre series: 3 minutos. <u>Entrenamiento con barra.</u> 2 sesiones por semana durante 8 semanas. Realizaron 2 ejercicios. Comenzaron con 3 series de 8 a 10 repeticiones y terminaron con 3 series de 6 a 8 repeticiones con repeticiones máximas para cada rango. Tiempo de descanso entre series: 3 minutos.	2 entrenamientos por semana de baseball.
Ozmen et al. (2020).	<u>Entrenamiento de CORE.</u> 2 sesiones durante 6 semanas. Realizaron 4 ejercicios de CORE cada semana.	6 entrenamientos de balonmano por semana.

	Ejecutaron 1 serie de 20 repeticiones o 20 segundos según el ejercicio. Durante las 6 semanas los ejercicios aumentaron de dificultad.	Duración de cada entrenamiento 120 min.
Ramos Veliz et al. (2014).	<u>Ejercicios multiarticulares.</u> 2 sesiones de 30 a 45 min por semana durante 18 semanas. Realizaron 7 ejercicios. Comenzaron con 3 series de 4 a 8 repeticiones y terminaron con 4 series de 5 a 10 repeticiones.	5 entrenamientos de waterpolo por semana. Duración de cada entrenamiento 120 min.
Saez de Villareal et al. (2023).	<u>Entrenamiento de pliometría en arena.</u> 3 sesiones de 60 min por semana durante 8 semanas. Realizaron 7 ejercicios. Comenzaron con 3 series de 10 repeticiones y terminaron con 3 series de 20 repeticiones. Tiempo de descanso entre series: 1:30 minutos. <u>Entrenamiento excéntrico.</u> 3 sesiones de 60 min por semana durante 8 semanas. Realizaron 7 ejercicios. Comenzaron con 3 series de 5 repeticiones y terminaron con 3 series de 10 repeticiones. Tiempo de descanso entre series: 1:30 minutos.	5 entrenamientos de balonmano por semana. Temporada competitiva.
Veliz et al. (2015).	<u>Entrenamiento de peso libre para tren inferior.</u> 2 sesiones de 45 min durante 16 semanas. Realizaron 5 ejercicios. Comenzaron con 3 series de 6 repeticiones al 60% de su RM y terminaron con 4 series de 6 repeticiones al 80%. Tiempo de descanso entre series: 2 a 5 minutos.	5 entrenamientos de waterpolo por semana. 1 competencia por semana.

Se calcularon ciento veintiséis tamaños de efecto (TE) de veinticuatro artículos incluidos, con fechas de publicación de 1990 a 2023. Tanto el TE del grupo experimental (TE= 1.16; IC95%= 0.92 a 1.40;  $p < 0.01$ ) como el del grupo control (TE= 0.22; IC95%= 0.07 a 0.37;  $p < 0.01$ ) fueron estadísticamente significativos (Tabla 4). Aunque ambos grupos tuvieron resultados estadísticamente significativos, los resultados del grupo experimental son estadísticamente superiores al grupo control ( $t: 5.38$ ;  $p < 0.01$ ) lo que indica una mejora superior en este grupo. Se realizaron también análisis de heterogeneidad. En la prueba Q de Cochran se puede apreciar que hay heterogeneidad estadísticamente significativa en los tamaños de efecto individuales (Cochran, 1954). Mientras que al revisar los resultados de la prueba  $I^2$  son moderados en el grupo control y altos para el grupo experimental y tamaños de efecto globales (Higgins et al., 2003). (Tabla 4)

*Tabla 4. Tamaños de efecto calculados y análisis de heterogeneidad*

	TE individuales	Tamaño de efecto	Intervalo de confianza	Std. error	p	Q	P Het	I <sup>2</sup>	Tau <sup>2</sup>
Experimental	68	1.16	0.92 a 1.40	0.12	<0.01*	318.29	<0.01*	78.95	0.79
Control	58	0.22	0.07 a 0.37	0.08	<0.01*	101.43	<0.01*	43.8	0.14
Global	126	0.72	0.56 a 0.88	0.08	<0.01*	507.85	<0.01*	75.39	0.60

Los tamaños de efecto de los artículos incluidos se muestran en gráficos Forest Plot en las figuras 3, 4 y 5.

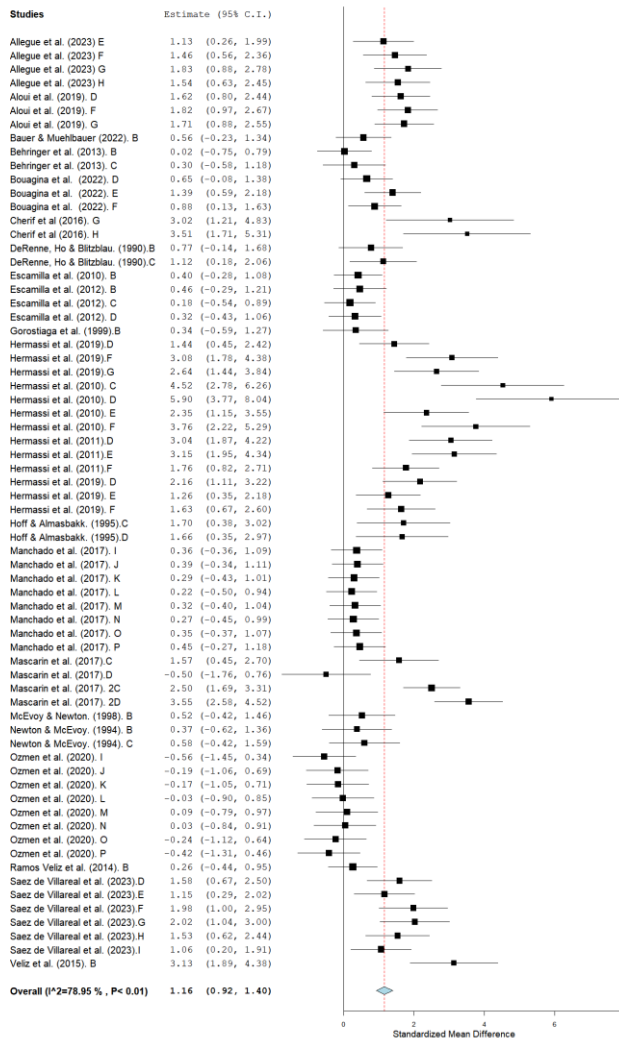


Figura 3. Gráfico Forest Plot del grupo experimental

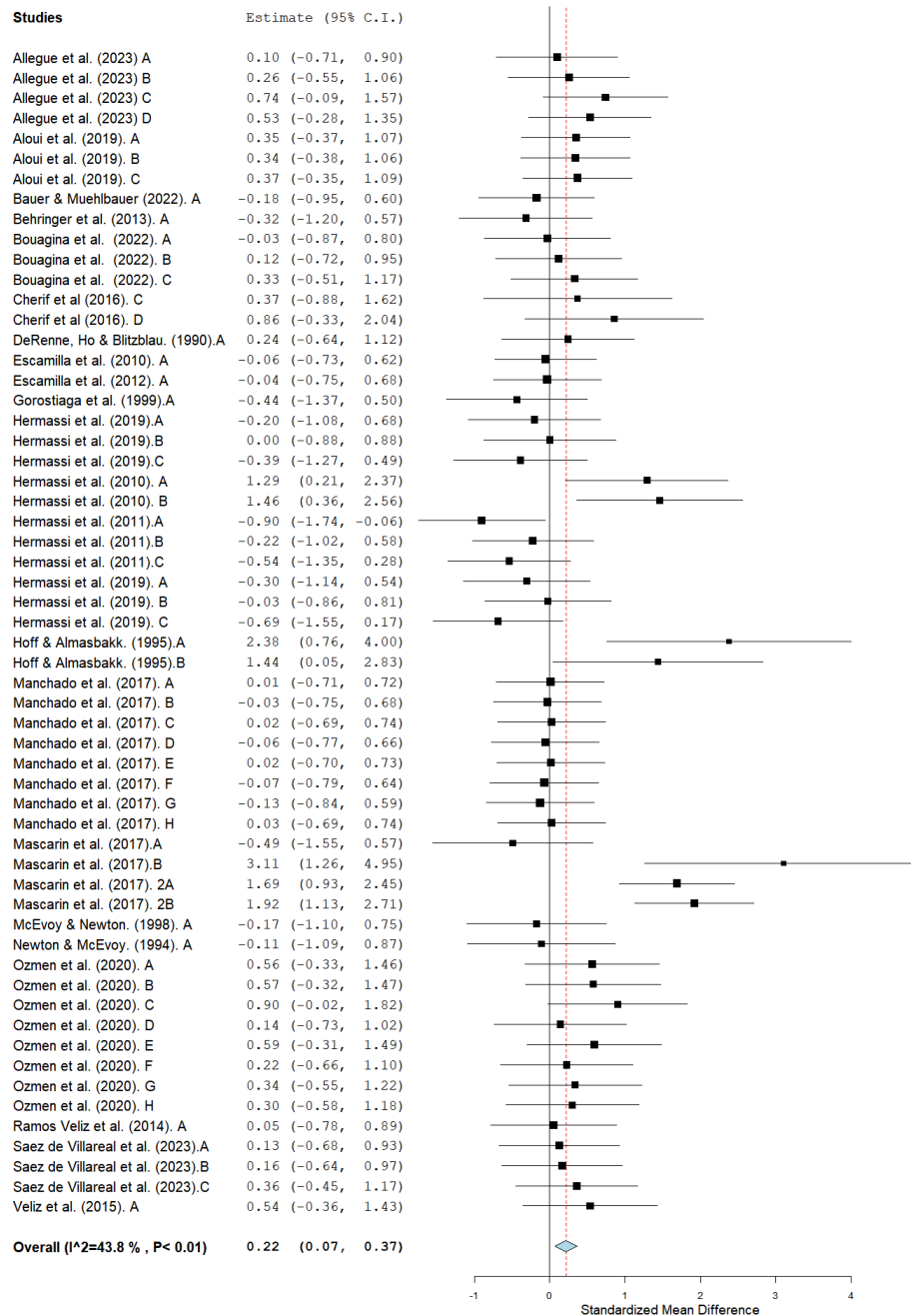


Figura 4. Gráfico Forest Plot del grupo control

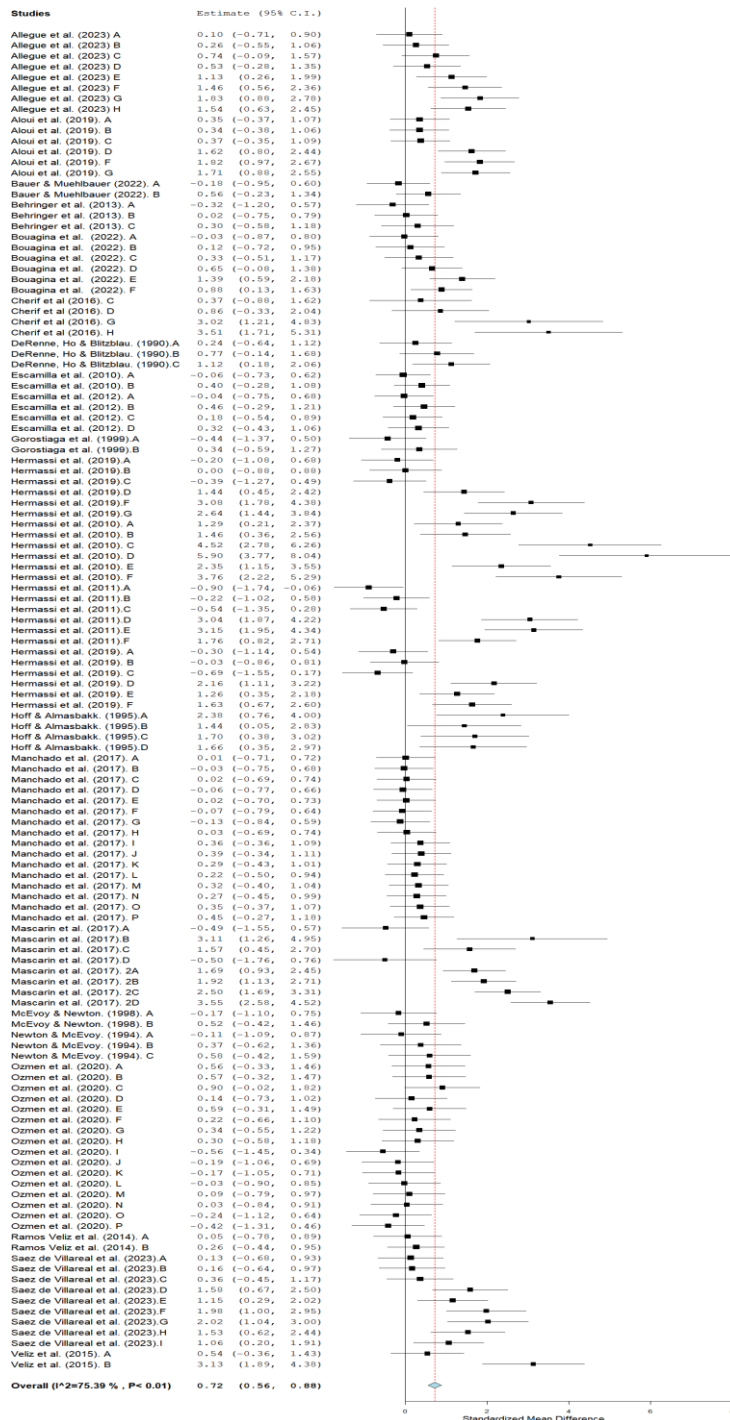
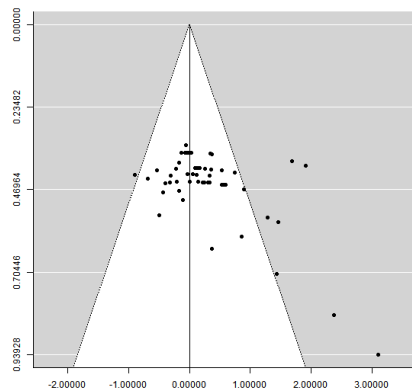


Figura 5. Gráfico Forest Plot global

En la figura del Funnel Plot se puede apreciar asimetría en los diferentes grupos. Esto sugiere que hay un sesgo en la publicación de los artículos (Figura 6)



*Figura 6. Gráfico Funnel Plot*

### **Análisis de variables moderadoras.**

Al presentarse una mejora estadísticamente significativa tanto en el GC como en el GE, se realizó el análisis de variables moderadoras para ambos grupos.

#### ***Sexo***

Para la variable categórica de sexo, el único subgrupo que no presentó un TE estadísticamente significativo fue el de los hombres en la condición del grupo control (TE = 0.10; IC95% = -0.02 a 0.21;  $p = 0.09$ ). Es decir, los hombres solamente registraron mejoras significativas en el grupo experimental (TE= 1.06; IC95%= 0.82 a 1.29;  $p < 0.01$ ), mientras que las mujeres tuvieron mejoras tanto para los grupos controles (TE = 1.39; IC95% = 0.60 a 2.19;  $p < 0.01$ ) como experimentales (TE = 1.98; IC95% = 1.3 a 2.93;  $p$

<0.01). Es importante mencionar que la mayoría de los TE incluidos eran de población masculina, únicamente siete TE de un total de cincuenta y ocho (i.e., 12%) en el GC y siete de sesenta y ocho en el GE (i.e., 10%) correspondían a mujeres (Tabla 5). Los TE divididos por sexo se pueden observar en las Figuras 9, 10 y 11 incluidas en la sección de Anexos.

*Tabla 5. TE según sexo*

<b>Sexo</b>	<b>TE individuales</b>	<b>TE (IC95%)</b>	<b>Std. error</b>	<b>p</b>	<b>I<sup>2</sup></b>
Hombres (GE)	61	1.06 (0.82 a 1.29)	0.12	<0.01*	76.31
Mujeres (GE)	7	1.98 (1.3 a 2.93)	0.48	<0.01*	80.1
Global (GE)	68	1.16 (0.92 a 1.40)	0.12	<0.01*	78.95
Hombres (GC)	51	0.10 (-0.02 a 0.21)	0.06	0.09	0
Mujeres (GC)	7	1.39 (0.60 a 2.19)	0.41	<0.01*	73.74
Global (GC)	58	0.22 (0.07 a 0.37)	0.08	<0.01*	43.8
Hombres (total)	112	0.60 (0.45 a 0.75)	0.75	<0.01*	70.85
Mujeres (total)	14	1.70 (1.07 a 2.33)	0.32	<0.01*	78.62
Global (total)	126	0.72 (0.56 a 0.88)	0.08	<0.01*	75.39

## **Deporte**

Balonmano y baseball obtuvieron TE estadísticamente significativos, sin embargo, baseball muestra este resultado únicamente en el GE (TE = 0.48; IC95% = 0.21 a 0.76;  $p < 0.01$ ) mientras que balonmano la presentó tanto en el GE (TE = 1.31; IC95% = 1.02 a 1.59;  $p < 0.01$ ) como en el GC (TE = 0.26; IC95% = 0.09 a 0.43;  $p < 0.01$ ) (Tabla 6). Se puede inferir que el ECR fue efectivo en la mejora de la velocidad del LEH para baseball. En balonmano, al presentar mejoras en ambos grupos, no se puede atribuir el cambio en

la velocidad únicamente al ECR. Los TE divididos por deporte se pueden observar en las Figuras 12, 13 y 14 incluidas en la sección de Anexos.

*Tabla 6. TE según deporte*

Deporte	TE individuales	TE (IC95%)	Std. Error	p	I <sup>2</sup>
Balonmano (GE)	55	1.31 (1.02 a 1.59)	0.15	<0.01*	80.51
Baseball (GE)	9	0.48 (0.21 a 0.76)	0.14	<0.01*	0
Waterpolo (GE)	2	1.65 (-1.17 a 4.46)	1.44	0.25	93.58
Tenis (GE)	2	0.14 (-0.44 a 0.72)	0.30	0.64	0
Global (GE)	68	1.16 (0.92 a 1.40)	0.12	<0.01*	78.95
Balonmano (GC)	50	0.26 (0.09 a 0.43)	0.09	<0.01*	49.62
Baseball (GC)	5	-0.02(-0.39 a 0.34)	0.18	0.89	0
Waterpolo (GC)	2	0.28 (-0.33 a 0.89)	0.31	0.37	0
Tenis (GC)	Null (1)	-0.32 (-1.20 a 0.57)	0.45	N/A	N/A
Global (GC)	58	0.22 (0.07 a 0.37)	0.08	<0.01*	43.8
Balonmano (total)	105	0.80 (0.62 a 0.99)	0.09	<0.01*	77.71
Baseball (total)	14	0.29 (0.08 a 0.51)	0.11	<0.01*	0
Waterpolo (total)	4	0.90 (-0.20 a 2.0)	0.56	0.11	83.73
Tenis (total)	3	0.00(-0.48 a 0.49)	0.25	0.99	0
Global (total)	126	0.72 (0.56 a 0.88)	0.08	<0.01*	75.39

### Periodo de la temporada

En los TE de los GE que se encontraban en temporada competitiva fueron estadísticamente significativos (TE = 1.20; IC95% = 0.94 a 1.47; p < 0.01) mientras que los presentados fuera de temporada no fueron así (TE = 0.44; IC95% = -0.11 a 0.99; p = 0.12). Es importante indicar que únicamente un artículo reportó estar fuera de temporada. Para TE de los grupos control hubo significancia estadística durante la temporada

competitiva (TE= 0.15; IC95%= 0.02 a 0.28; p = 0.02) pero no fuera de temporada (TE = -0.10; IC95% = -0.64 a 0.45; p = 0.73) (Tabla 7). Los TE separados según la temporada competitiva se pueden observar en las Figuras 15, 16 y 17 incluidas en la sección de Anexos.

*Tabla 7. TE según Periodo de la temporada*

Temporada	TE individuales	TE (IC95%)	Std.error	p	I <sup>2</sup>
En temporada (GE)	56	1.20 (0.94 a 1.47)	0.13	<0.01*	78.61
Fuera de temporada (GE)	2	0.44 (-0.11 a 0.99)	0.28	0.12	0
Global (GE)	58	1.17 (0.92 a 1.43)	0.13	<0.01*	78.1
En temporada (GC)	49	0.15 (0.02 a 0.28)	0.06	0.02*	10.59
Fuera de temporada (GC)	2	-0.10 (-0.64 a 0.45)	0.28	0.73	0
Global (GC)	51	0.14 (0.02 a 0.26)	0.06	0.03*	8.17
En temporada (total)	105	0.70 (0.53 a 0.87)	0.09	<0.01*	73.78
Fuera de temporada (total)	4	0.17 (-0.22 a 0.56)	0.20	0.39	0
Global (total)	109	0.68 (0.52 a 0.84)	0.08	<0.01*	72.13

### Nivel deportivo

De los subgrupos del GC, los jugadores no élite mostraron mejoras estadísticamente significativas (TE = 0.45; IC95%= 0.13 a 0.76; p <0.01) aunque no hayan realizado entrenamiento contra resistencia adicional a su práctica del deporte específico. En el GE las mejoras estadísticamente significativas se dieron en las categorías de primera división (TE = 1.67; IC95%= 1.29 a 2.06; p <0.01), segunda división (TE= 1.70; IC95%= 1.37 a 2.03; p <0.01), élite (TE= 2.94; IC95% = 1.74 a 4.15; p <0.01), senior (TE= 3.27; IC95%= 1.99 a 4.54; p <0.01), juvenil (TE= 0.78; IC95%= 0.48 a 1.08; p <0.01) y nacional (TE= 1.25; IC95%=0.22 a 2.28; p = 0.02) (Tabla 8). Los TE separados según la temporada

competitiva se pueden observar en las Figuras 18, 19 y 20 incluidas en la sección de Anexos.

*Tabla 8. TE según nivel deportivo de los participantes*

Nivel deportivo	TE individuales	TE (IC95%)	Std.error	p	I <sup>2</sup>
Primera división (GE)	8	1.67 (1.29 a 2.06)	0.19	<0.01	20.57
Segunda división (GE)	11	1.70 (1.37 a 2.03)	0.17	<0.01	13.93
Élite (GE)	8	2.94 (1.74 a 4.15)	0.62	<0.01	87.72
Sub-élite (GE)	Null (1)	0.56 (-0.23 a 1.34)	0.40	N/A	N/A
Senior (GE)	2	3.27 (1.99 a 4.54)	0.65	<0.01	0
Juvenil (GE)	15	0.78 (0.48 a 1.08)	0.15	<0.01	52.15
Nacional (GE)	7	1.25 (0.22 a 2.28)	0.53	0.02*	86.65
No élite (GE)	8	-0.18 (-0.49 a 0.13)	0.16	0.25	0
Global (GE)	60	1.29 (1.02 a 1.57)	0.14	<0.01	79.74
Primera división (GC)	8	0.15 (-0.18 a 0.47)	0.17	0.37	17.94
Segunda división (GC)	8	0.27 (-0.18 a 0.73)	0.23	0.24	45.75
Élite (GC)	6	0.13 (-0.58 a 0.84)	0.36	0.72	73.24
Sub-élite (GC)	Null (1)	-0.18 (-0.95 a 0.60)	0.39	N/A	N/A
Senior (GC)	2	0.63 (-0.23 a 1.49)	0.44	0.15	0
Juvenil (GC)	11	0.10 (-0.13 a 0.34)	0.12	0.40	0
Nacional (GC)	6	0.91 (-0.10 a 1.91)	0.51	0.08	84.27
No élite (GC)	8	0.45 (0.13 a 0.76)	0.16	<0.01	0
Global (GC)	50	0.27 (0.10 a 0.45)	0.09	<0.01	49.75
Primera división (total)	16	0.91 (0.46 a 1.36)	0.23	<0.01	75.28
Segunda división (total)	19	1.16 (0.73 a 1.60)	0.22	<0.01	73.09
Élite (total)	14	1.69 (0.81 a 2.57)	0.45	<0.01	90.14
Sub-élite (total)	2	0.19 (-0.53 a 0.90)	0.37	0.61	41.26
Senior (total)	4	1.80 (0.35 a 3.26)	0.74	0.02*	74.39
Juvenil (total)	26	0.49 (0.26 a 0.71)	0.11	<0.01	50.39
Nacional (total)	13	1.10 (0.40 a 1.80)	0.36	<0.01	84.98
No élite (total)	16	0.13 (-0.09 a 0.35)	0.11	0.25	0

Global (total)	110	0.82 (0.64 a 1.01)	0.09	<0.01	77.16
----------------	-----	--------------------	------	-------	-------

### Modalidad de entrenamiento contra resistencia

En esta variable moderadora se analizaron únicamente los grupos experimentales; ya que, al ser el tipo de intervención, por razones lógicas los grupos control no se podían categorizar en una modalidad de entrenamiento. Con esto dicho, hubo cuatro modalidades de entrenamiento que presentaron un TE estadísticamente significativo en la mejora de la velocidad del LEH: bandas elásticas (TE= 1.61; IC95%= 0.83 a 2.39; p <0.01), máquinas de resistencia (TE = 0.60; IC95%= 0.20 a 1.0; p <0.01), ejercicios pliométricos (TE= 1.03; IC95%= 0.38 a 1.68; p<0.01) y peso libre (TE= 1.90; IC95%= 1.51 a 2.29; p <0.01). Para los entrenamientos de CORE no se obtuvo un TE estadísticamente significativo (TE= 0.15; IC95%= -0.04 a 0.34; p= 0.12), tampoco para los entrenamientos con bola más pesada (TE= 0.77; IC95%= -0.14 a 1.68) ni con bola más liviana (TE= 1.12; IC95%= 0.18 a 2.06), para estas dos últimas modalidades solamente se obtuvo un TE en cada una (Tabla 9). Los TE divididos según la modalidad de entrenamiento se pueden observar en la figura 21 incluida en la sección de Anexos.

Tabla 9. TE según modalidad de ECR

Modalidad	TE individuales	TE (IC95%)	Std.error	p	I <sup>2</sup>
Bandas elásticas	8	1.61 (0.83 a 2.39)	0.40	<0.01	83.83
Máq. Resistencia	6	0.60 (0.20 a 1.0)	0.20	<0.01	36.48
Pliometría	5	1.03 (0.38 a 1.68)	0.33	<0.01	64.15
Peso libre	30	1.90 (1.51 a 2.29)	0.20	<0.01	74.53

Bola + peso	Null (1)	0.77 (-0.14 a 1.68)	0.46	N/A	N/A
Bola – peso	Null (1)	1.12 (0.18 a 2.06)	0.48	N/A	N/A
CORE	17	0.15 (-0.04 a 0.34)	0.10	0.12	0
Experimental (global)	68	1.16 (0.92 a 1.40)	0.12	<0.01	78.95

Se compararon los TE de las bandas elásticas, máquinas de resistencia, ejercicios pliométricos y de ejercicios con peso libre, se encontró diferencia estadísticamente significativa entre las cuatro modalidades de ECR (F: 3.1868226;  $p < 0.01$ ). Al realizar el análisis post hoc la única diferencia se encontró entre el peso libre y las máquinas de resistencia siendo superior el peso libre ( $p=0.04$ ), por lo que para este estudio se recomienda entrenar con el método de peso libre de manera complementaria al deporte.

### **Carga**

Se puede apreciar que se obtuvo mejoras estadísticamente significativas tanto en los GE que aumentaron la carga a lo largo del tratamiento (TE= 1.25; IC95%= 0.98 a 1.52;  $p < 0.01$ ) como en los que mantuvieron la misma carga de entrenamiento durante el estudio (TE= 0.46; IC95%= 0.16 a 0.76;  $p < 0.01$ ). También se encontró un aumento estadísticamente significativo de la velocidad del LEH en el grupo control (TE= 0.22; IC95%= 0.07 a 0.37;  $p < 0.01$ ) (Tabla 10). Por estos resultados, la mejora no se puede atribuir al comportamiento de la carga. Los TE divididos según la carga se pueden observar en la figura 22 incluida en la sección de Anexos

*Tabla 10. TE según manejo de la carga de entrenamiento*

Carga	TE individuales	TE (IC95%)	Std.error	p	I <sup>2</sup>
-------	-----------------	------------	-----------	---	----------------

Aumenta	61	1.25 (0.98 a 1.52)	0.14	<0.01	80.25
Se mantiene	7	0.46 (0.16 a 0.76)	0.15	<0.01	0
Experimental (global)	68	1.16 (0.92 a 1.40)	0.12	<0.01	78.95

### Método de medición

Tanto la medición con video (TE= 2.36; IC95%= 1.95 a 2.76; p <0.01) como con radar (TE= 0.73; IC95%= 0.50 a 0.96; p <0.01) del GE fueron estadísticamente significativas, en el caso de las mediciones del GC las realizadas con radar (TE= 0.26; IC95%= 0.09 a 0.42; p<0.01) también resultaron estadísticamente significativas (Tabla 11). Los TE divididos según el método de medición empleado para determinar la velocidad de los lanzamientos en los estudios se pueden observar en las figuras 23, 24 y 25 incluidas en la sección de Anexos.

Tabla 11. TE según método de medición de la velocidad del LEH

Método	TE individuales	TE (IC95%)	Std. error	p	I <sup>2</sup>
Video (GE)	20	2.36 (1.95 a 2.76)	0.21	<0.01	58.16
Radar (GE)	47	0.73 (0.50 a 0.96)	0.12	<0.01	71.56
Fotocelda (GE)	Null (1)	0.34 (-0.59 a 1.27)	0.47	N/A	N/A
Global (GE)	68	1.16 (0.92 a 1.40)	0.12	<0.01	78.95
Video (GC)	18	0.18 (-0.15 a 0.51)	0.17	0.28	56.62
Radar (GC)	39	0.26 (0.09 a 0.42)	0.08	<0.01	35.73
Fotocelda (GC)	Null (1)	-0.44 (-1.37 a 0.50)	0.48	N/A	N/A
Global (GC)	58	0.22 (0.07 a 0.37)	0.08	<0.01	43.8
Video (total)	38	1.37 (0.95 a 1.78)	0.21	<0.01	84.24
Radar (total)	86	0.51 (0.36 a 0.67)	0.08	<0.01	64.88
Fotocelda (total)	2	-0.05 (-0.81 a 0.71)	0.39	0.90	24.37
Global (total)	126	0.72 (0.56 a 0.88)	0.08	<0.01	75.39

Se analizaron las siguientes variables moderadoras continuas: edad, peso, sesiones del deporte por semana, semanas de tratamiento, sesiones de ECR por semana, sesiones totales durante la intervención, cantidad de ejercicios realizados, series al inicio del tratamiento, series al final del tratamiento, repeticiones al inicio del tratamiento, repeticiones al final del tratamiento, descanso entre series y tiempo de la sesión de ECR; los resultados de dichos análisis se resumen en la tabla 12. Para las características de la intervención se consideraron únicamente los TE del grupo experimental, mientras que para las demás variables se realizaron los cálculos del grupo experimental, grupo control y global. Los gráficos de relación según cada variable categórica se encuentran en la sección de Anexos de la figura 26 a la 44.

De las variables analizadas, las que presentaron resultados estadísticamente significativos en las regresiones fueron: edad del GE ( $\beta = 0.246$ ; IC95%= 0.160 a 0.0332;  $p < 0.01$ ), y edad global ( $\beta = 0.103$ ; IC95%= 0.038 a 0.169;  $p = 0.002$ ); peso del GE ( $\beta = 0.067$ ; IC95%= 0.036 a 0.098;  $p < 0.01$ ), peso del GC ( $\beta = -0.038$ ; IC95%= -0.057 a -0.019;  $p < 0.01$ ), cantidad de entrenamientos del deporte por semana del GE ( $\beta = 0.317$ ; IC95%= 0.174 a 0.459;  $p < 0.01$ ), duración en semanas del tratamiento ( $\beta = 0.133$ ; IC95%= 0.022 a 0.244;  $p = 0.019$ ), cantidad de ejercicios realizados por sesión ( $\beta = -0.068$ ; IC95%= -0.123 a -0.014;  $p = 0.015$ ), series tanto al inicio ( $\beta = 0.410$ ; IC95%= 0.202 a 0.618;  $p < 0.01$ ) como al final del tratamiento ( $\beta = 0.402$ ; IC95%= 0.202 a 0.603;  $p < 0.01$ ), repeticiones al inicio ( $\beta = -0.050$ ; IC95%= -0.077 a -0.023;  $p < 0.01$ ) como al final de la intervención ( $\beta = -0.031$ ; IC95%= -0.053 a -0.008;  $p = 0.007$ ). A diferencia de los resultados presentados

previamente de las variables moderadoras categóricas, ninguna de las variables moderadoras continuas fue estadísticamente significativa en el grupo control.

*Tabla 12. Variables categóricas continuas*

<b>Variable</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b>IC 95%</b>	<b>se</b>	<b>Z val</b>	<b>p</b>
<b>Edad (GE)</b>					
Intercepto	-3.314	(-4.893 a -1.734)	0.806	-4.111	<0.01
Edad promedio	0.246	(0.160 a 0.0332)	0.044	5.595	<0.01
<b>Edad (GC)</b>					
Intercepto	1.069	(0.056 a 2.073)	0.512	2.087	0.037*
Edad promedio	-0.047	(-0.101 a 0.008)	0.028	-1.685	0.092
<b>Edad (global)</b>					
Intercepto	-1.155	(-2.359 a 0.050)	0.615	-1.879	0.060
Edad promedio	0.103	(0.038 a 0.169)	0.033	3.100	0.002*
<b>Peso (GE)</b>					
Intercepto	-3.870	(-6.224 a -1.516)	1.201	-3.222	0.001*
Peso promedio	0.067	(0.036 a 0.098)	0.016	4.217	<0.01
<b>Peso (GC)</b>					
Intercepto	3.101	(1.667 a 4.53)	0.732	4.237	<0.01
Peso promedio	-0.038	(-0.057 a -0.019)	0.010	-3.969	<0.01
<b>Peso (global)</b>					
Intercepto	-0.715	(-2.505 a 1.075)	0.913	-0.783	0.434
Peso promedio	0.019	(-0.004 a 0.043)	0.012	1.595	0.111
<b>Deporte por semana (GE)</b>					
Intercepto	-0.035	(-0.626 a 0.556)	0.301	-0.117	0.907
Deporte semanal promedio	0.317	(0.174 a 0.459)	0.073	4.360	<0.01
<b>Deporte por semana (GC)</b>					
Intercepto	0.507	(0.103 a 0.912)	0.206	2.457	0.014*
Deporte semanal promedio	-0.064	(-0.156 a 0.029)	0.047	-1.351	0.177
<b>Deporte por semana (global)</b>					
Intercepto	0.245	(-0.210 a 0.701)	0.233	1.055	0.291
Deporte semanal promedio	0.130	(0.023 a 0.237)	0.055	2.389	0.017*

<b>Semanas (GE)</b>					
Intercepto	0.054	(-0.915 a 1.024)	0.495	0.109	0.913
Semanas promedio	0.133	(0.022 a 0.244)	0.057	2.348	0.019*
<b>ECR por semana (GE)</b>					
Intercepto	1.932	(0.668 a 3.197)	0.645	2.995	0.003*
ECR semanal promedio	-0.315	(-0.830 a 0.200)	0.263	-1.198	0.231
<b>Sesiones totales (GE)</b>					
Intercepto	0.869	(-0.014 a 1.752)	0.450	1.930	0.054
Sesiones promedio	0.015	(-0.027 a 0.057)	0.021	0.719	0.472
<b>Ejercicios (GE)</b>					
Intercepto	1.552	(1.152 a 1.951)	0.204	7.618	<0.01
Ejercicios promedio	-0.068	(-0.123 a -0.014)	0.028	-2.444	0.015*
<b>Series inicio (GE)</b>					
Intercepto	-0.024	(-0.677 a 0.628)	0.333	-0.073	0.942
Series promedio	0.410	(0.202 a 0.618)	0.106	3.862	<0.01
<b>Series Final (GE)</b>					
Intercepto	-0.058	(-0.716 a 0.599)	0.335	-0.174	0.862
Series promedio	0.402	(0.202 a 0.603)	0.102	3.927	<0.01
<b>Repeticiones inicio (GE)</b>					
Intercepto	1.911	(1.485 a 2.337)	0.217	8.797	<0.01
Repeticiones promedio	-0.050	(-0.077 a -0.023)	0.014	-3.680	<0.01
<b>Repeticiones Final (GE)</b>					
Intercepto	1.723	(1.304 a 2.142)	0.214	8.067	<0.01
Repeticiones promedio	-0.031	(-0.053 a -0.008)	0.011	-2.692	0.007*
<b>Descanso (GE)</b>					
Intercepto	1.094	(0.407 a 1.781)	0.350	3.122	0.002*
Descanso promedio	0.004	(-0.001 a 0.008)	0.002	1.659	0.097
<b>Tiempo sesión (GE)</b>					
Intercepto	0.483	(-0.537 a 1.504)	0.521	0.929	0.353
Tiempo sesión promedio	0.019	(-0.004 a 0.042)	0.012	1.653	0.098

## Capítulo VII: Discusión

En conjunto, los estudios meta analizados mostraron una mejora estadísticamente significativa en la velocidad de lanzamiento por encima del hombro, tanto en el grupo experimental como en el grupo control. Es importante acotar que, para deportes colectivos, jugadores involucrados en el mismo contexto competitivo, incluso pertenecientes al mismo equipo, pueden requerir diferentes estrategias de entrenamiento de fuerza (Abade et al., 2020). Al obtener resultados estadísticamente significativos para el análisis de heterogeneidad se presenta un inconveniente; ya que, no es recomendable realizar análisis cuando los artículos incluidos son tan distintos entre sí porque los resultados del meta análisis puede que no sean aplicables al tener muestras o tratamientos tan diferentes (Molina Arias, 2018). Sin embargo, se realizaron los cálculos correspondientes para las diferentes variables moderadoras para buscar diferencias entre subgrupos tanto del GE como del GC y las posibles correlaciones para las variables continuas.

Al comparar los TE encontrados entre sexos el primer punto a mencionar es la diferencia entre los veinte estudios que incluyeron hombres y los cuatro que incluyeron mujeres. Los estudios de mujeres presentaron mejoras tanto en el GC como en el GE, mientras que los hombres mejoraron únicamente en el GE. Estos hallazgos concuerdan con postulados que indican que al aplicar un estímulo de entrenamiento, la fuerza tanto en hombres como en mujeres puede incrementarse y que el género no es una variable que determine mejoras en el entrenamiento (Peitz et al., 2018). Existe evidencia en la que se muestran efectos mayores en mujeres que en hombres para población de balonmano, así como mejoras

estadísticamente significativas en el grupo control para el LEH de dicho deporte (Bragazzi et al., 2020). Al igual que los resultados encontrados en este meta análisis, se han reportado TE mayores en mujeres que en hombres al implementar ECR y una predominancia de estudios realizados en hombres por encima de la cantidad de estudios que evalúan lanzamientos en mujeres (Martínez-García et al., 2021). Se ha encontrado literatura que evalúa únicamente población masculina y que encuentra efectos significativos del ECR en el LEH (Petruzela et al., 2023), sin embargo la población femenina sigue representando una proporción menor en los estudios de esta temática. Una razón que se ha brindado para las diferencias en parámetros de fuerza entre sexos es especial en ejercicios de tren superior es un área mayor de músculo en hombres y de fibras tipo II, no así de mayor activación voluntaria (Nuzzo, 2023), con esto se puede atribuir estas mejoras también a la cantidad de músculo presente en la población que realizó tanto el ECR como el entrenamiento deportivo específico.

En este meta análisis, de veinticuatro estudios totales, dieciséis artículos (67%) fueron en balonmano, cinco en baseball (21%), dos en waterpolo (8%) y uno en tenis (4%). De los cuatro deportes analizados, tanto balonmano como baseball mostraron una mejora significativa en el GE, pero balonmano presentó además una mejora en el GC. La mejora en los TE del GC para el deporte balonmano coincide con literatura consultada que menciona un incremento en los parámetros de velocidad para la población de balonmano, aunque no realicen un ECR adicional (Bragazzi et al., 2020). Se han realizado revisiones sistemáticas en baseball que mencionan mejoras en la velocidad del LEH al implementar el ECR de diferentes modalidades como entrenamiento complementario a la práctica

deportiva; sin embargo, los autores mencionan que se debe profundizar más en las modalidades específicas de ECR que brindan mejores resultados. (Job et al., 2022; Zhang et al., 2023). Con waterpolo no se han incluido estudios en meta análisis, solamente en revisiones de literatura, con un artículo en cada una, y de igual manera se ha encontrado poca información; y de la que se ha incluido, en una revisión no mostró cambios (Szymanski, 2012) y en la segunda revisión sí encontró mejoras (Peitz et al., 2018). En este metaanálisis sí se incluyeron dos TE correspondientes a dos artículos, en los que no se encontró una mejora estadísticamente significativa de la velocidad de lanzamiento. Con el cuarto deporte incluido, el tenis, se agregó un artículo que evaluaba el saque siendo este el patrón de movimiento. Para este deporte, en literatura previa se evidenció una mejora en la velocidad con métodos de ECR tradicionales, pliometría, entrenamiento multimodal e isocinético (Myers et al., 2015). También se ha incluido el deporte en una revisión sistemática que incluye el mismo artículo del presente meta análisis, en el que no muestra efectos estadísticamente significativos en la velocidad del LEH (Peitz et al., 2018).

La gran mayoría de TE correspondían a artículos desarrollados en temporada competitiva y presentaron significancia estadística en el grupo experimental, no así en el grupo control. Solamente un artículo reportó estar fuera de competencia competitiva. Esto sugiere que el combinar el ECR junto con los entrenamientos propios de cada deporte y las competencias son un abordaje efectivo para optimizar este componente. Bajo la premisa de que los principios físicos de cada deporte deberían entrenarse justamente en situaciones de juego contextualizadas se ha mencionado desde hace algún tiempo con modelos de planificación como la periodización táctica (Mangan et al., 2021). Este tipo de abordajes podría brindar

una mayor eficacia al trabajar en temporadas competitivas saturadas, aprovechando las adaptaciones propias del deporte que se obtienen en la práctica.

El pilar de las mejoras durante la temporada atlética indiferentemente del deporte se basa en la buena periodización de cualidades imprescindibles en el deporte como lo son la fuerza y la potencia (Phillips et al., 2016), parte importante de la buena periodización se basa justamente en poder mantener las mejoras propias de la temporada competitiva en los atletas cuando no se encuentren en periodo de competencia (Twist et al., 2022). Tanto dentro como fuera de temporada es fundamental que se lleve un control de cargas con un adecuado manejo de componentes como la intensidad y la duración de las actividades para así ajustarse a la realidad del calendario de cada deporte en las diferentes etapas de desarrollo deportivo y adecuarse al nivel de los participantes para que puedan tener las adaptaciones deseadas (Smith, 2021). Para este estudio no se presentó una diferencia en el manejo de cargas, por lo que se infiere que independientemente del tipo de comportamiento de la carga (aumentar, mantenerse o disminuir) se pueden obtener mejoras, siendo el aumento de cargas lo más usual presentado en los estudios.

Según el nivel deportivo reportado en los artículos se analizaron las siguientes categorías de participantes: primera división, segunda división, élite, sub-élite, senior, juvenil, nacional y no élite. Para los grupos experimentales los únicos que no registraron valores estadísticamente significativos fueron sub-élite que solamente tenía un TE y el subgrupo de no élite. Es justamente el grupo de jugadores no élite el que mostró un efecto positivo en la velocidad del LEH al únicamente realizar la práctica de su deporte, esto hace asumir que, a menor nivel de categoría, estímulos generales pueden brindar mejoras

en componentes físicos, sin embargo, esto no coincide con los resultados del GE para la misma categoría de jugadores, donde no se presentó una mejora. Se ha sugerido en literatura previa que los atletas de niveles competitivos superiores arrojan resultados más confiables al evaluar rendimiento deportivo y se ha instado a la búsqueda también de pruebas cada vez más específicas según el nivel de los jugadores (Chirosa-Ríos et al., 2023). Una de las determinantes físicas para considerar a un atleta como élite es la capacidad de producción de fuerza, sumada a distintas variables que de manera compleja ejemplifican a un atleta élite: características antropométricas, psicológicas, balance, su rol en el equipo, duración y tipo de entrenamientos, desarrollo y maduración del talento; y por supuesto el mencionado aspecto de rendimiento físico (Lorenz et al., 2013). A un mayor nivel de especialización deportiva, se sugieren mayores adaptaciones físicas (Mihaila et al., 2024, 2024) , por lo cual el grupo no élite podría presentar mejoras en sus resultados con el simple hecho de entrenar el deporte respectivo debido a que no han desarrollado las adaptaciones de los demás grupos a su respectivo deporte y el estímulo recibido con las sesiones regulares de entrenamiento sugiere un insumo suficiente para su mejora.

Se han encontrado mejoras estadísticamente significativas en componentes de fuerza explosiva en población de primera división mientras que para población que no es de primera división no se encontraron estas mejoras en pruebas de sprint (Freitas et al., 2017), estos resultados coinciden con los encontrados en el presente meta análisis para el LEH. También se encuentra concordancia con los hallazgos que muestran mejoras

significativas para atletas de balonmano de nivel élite al compararlos con jugadores de un nivel menor (Bragazzi et al., 2020). Como se indicó anteriormente, esta mejora para población de un nivel deportivo menor se puede atribuir a que no poseen las adaptaciones para las demandas físicas de su deporte, por lo cual, entrenamientos que para jugadores de un nivel superior no supondrían un estímulo para promover mejoras, en este grupo de jugadores ya representa una carga importante que brindará cambios en las variables físicas del juego, como en este caso, la velocidad del LEH.

En el presente estudio se encontraron mejoras estadísticamente significativas en cuatro modalidades de entrenamiento: bandas elásticas, máquinas de resistencia, peso libre y ejercicios pliométricos; no así en ejercicios de CORE ni al utilizar bolas con más o con menos peso. Dentro de los métodos que tuvieron TE estadísticamente significativos, el peso libre fue superior a las máquinas de resistencia. Para los resultados de los ejercicios de CORE, lo encontrado en este estudio concuerda con literatura reciente en la que se indica que los ejercicios de estabilización espinal usualmente empleados pueden mejorar la resistencia de la musculatura del tronco y la fuerza isométrica pero no la velocidad de lanzamiento (Oyama & Palmer, 2023). Esto indicaría que, aunque la musculatura del CORE está involucrada en la cadena de movimiento para un lanzamiento, la velocidad de este no se ve beneficiada de manera directa con el trabajo de la zona media del cuerpo. Se indica también que ejercicios avanzados de estabilización utilizando sistemas de suspensión y el uso de balones medicinales en pliométricos de tronco sí mejoran la velocidad del LEH (Oyama & Palmer, 2023), esta línea de resultados también se aplica a

balonmano donde se tienen resultados positivos en la velocidad de lanzamiento luego de implementar la pliometría (Bragazzi et al., 2020) y a beisbol donde también se encuentran mejoras en la velocidad de lanzamiento al utilizar pliometría (Zhang et al., 2023) lo cual coincide con los resultados estadísticamente significativos encontrados para esta modalidad de entrenamiento en este meta análisis. El mecanismo de mejora podría en este caso estar asociado al ciclo de estiramiento y acortamiento que se trabaja en los pliométricos al brindar estímulo y adaptaciones para los lanzamientos de los diferentes deportes. No obstante, existe literatura en la que la pliometría no arroja TE significativos para el LEH (Myers et al., 2015).

Para las bandas elásticas, se han encontrado mejoras significativas en la velocidad de lanzamiento (Hadjisavvas et al., 2024; Martínez-García et al., 2021) lo cual coincide con los resultados de este estudio, así mismo, las bandas elásticas se han presentado como elementos importantes en el fortalecimiento no solamente para la mejora de componentes físicos sino en la prevención de lesiones asociadas al patrón de lanzamiento (Zhang et al., 2023). En el caso de los artículos que incluyeron trabajos con máquinas de resistencia o con peso libre es importante mencionar que, aunque ha existido un debate sobre la mejor modalidad para el desarrollo de la fuerza, ambas brindan mejoras y la elección de un método o de otro depende de la elección de quien prescribe el ejercicio, esto además permite más variedad en los entrenamientos (Haugen et al., 2023), ambos tipos de entrenamiento se pueden usar con ejercicios generales pero el peso libre permite además realizar movimientos más específicos de cada deporte (Szymanski, 2012), con esto dicho,

en literatura previa se ha encontrado que estos métodos de entrenamiento producen mejoras en población juvenil (Peitz et al., 2018), así mismo, se muestran incrementos en la velocidad del LEH al utilizar peso libre y máquinas (Hadjisavvas et al., 2024; Martínez-García et al., 2021). Esta información coincide con lo encontrado en este metaanálisis, con lo que ambos métodos se siguen mostrando como una buena opción para trabajar la fuerza en deportistas. El principio de sobrecarga en los métodos podría explicar el incremento en la velocidad del LEH al tener adaptaciones musculares que se transfieren al lanzamiento. La medición con video y la medición con radar del grupo experimental fueron estadísticamente significativas, en el caso de las mediciones del grupo control las realizadas con radar fueron significativas. Para mediciones de velocidad realizadas con radar se ha mostrado que puede existir inconsistencia en los datos debido a que el valor de la velocidad se puede ver afectado por la colocación del radar al momento de medir dicha variable (Weisberg et al., 2020). Tanto la posición del radar como la complejidad de un movimiento pueden afectar la reproductibilidad de una evaluación, así mismo, se pueden presentar estimaciones menores a la velocidad real de los lanzamientos (Michael Phomsoupha et al., 2022).

Con variables moderadoras de la muestra, la edad del grupo experimental arrojó una relación positiva y estadísticamente significativa con la velocidad de lanzamiento. Este resultado difiere de literatura que no registra dicha relación (Bragazzi et al., 2020) pero concuerda con la que indica que en adultos se presentan mayores incrementos de la velocidad dados de manera posterior al ECR (Long-Huei Lin et al., 2024; Martínez-García

et al., 2021). A mayor edad se puede asumir un mayor desarrollo muscular en la población estudiada, lo cual podría implicar una adaptación más favorable para el lanzamiento debido a la mayor cantidad de músculo para realizar la acción deportiva. El peso en el grupo experimental mostró una relación positiva y significativa con la velocidad del LEH, este dato concuerda con la premisa de que para deportes como balonmano, tener jugadores con un peso mayor (no grasa) resulta beneficioso al poseer registros de velocidad superiores en el lanzamiento (Hermassi et al., 2021), esta relación se presenta indiferentemente del nivel de experiencia del jugador (Karadenizli, 2016) por lo cual el mayor peso siendo de masa muscular podría ser el motivo de la mejora en la población estudiada, siendo la masa muscular tejido activo para cualquier acción deportiva.

Para la cantidad de sesiones semanales del respectivo deporte se encontró una relación positiva y significativa en el grupo experimental; esta relación no ha sido estudiada en los meta análisis previos revisados. Este es un punto importante para futuras investigaciones, porque mostraría que la periodicidad del entrenamiento de cada deporte podría ayudar a promover mayores adaptaciones al aplicar entrenamiento complementario (ECR en este caso). Esta relación puede implicar que las adaptaciones de acciones deportivas como el lanzamiento por encima del hombro se ven potenciadas gracias al mayor número de entrenamiento específico del deporte, donde se entrenan lanzamientos en situaciones de juego, es decir, contextualizadas. El número de sesiones semanales de entrenamiento contra resistencia adicionales a la práctica deportiva no arrojó una relación estadísticamente significativa con los tamaños de efecto de la velocidad del LEH. Estos

resultados coinciden con la literatura previa (Bragazzi et al., 2020; Hadjisavvas et al., 2024; Peitz et al., 2018) pero difiere de literatura que indica que se presentan mayores efectos en la velocidad del LEH al tener más duración de tratamiento y más frecuencia de entrenamiento (Long-Huei Lin et al., 2024). También se han encontrado estudios donde se sugiere que una menor cantidad de sesiones por semana brinda mayores efectos en la velocidad (Freitas et al., 2017) por lo que esta relación continúa arrojando resultados inconsistentes.

Por su parte, la cantidad de semanas de tratamiento sí ha sido una variable estudiada en la literatura previa. Los resultados del presente meta análisis donde se presentó una relación positiva estadísticamente significativa coinciden con autores que han mostrado una mejora en las variables estudiadas conforme se presentan tratamientos que incluyen una mayor cantidad de semanas (Long-Huei Lin et al., 2024; Myers et al., 2015; Peitz et al., 2018) aunque también hay literatura que no encuentra esta relación (Bragazzi et al., 2020). Este resultado sugiere que a una mayor periodicidad del ECR se dan mejores registros en la velocidad de lanzamiento debido a un mayor estímulo en las estructuras involucradas en el LEH.

Es importante que se considere muy bien el manejo de cargas, en especial con los calendarios deportivos actuales donde se compite cada vez más y las sesiones deben ser cada vez más provechosas al disponer de menos días para los entrenamientos tomando en cuenta que se ha encontrado que la cantidad de juegos no es un factor lesivo en deportes como beisbol (Norton et al., 2019) o fútbol (Ekstrand et al., 2021) por lo que se debe

buscar optimizar los entrenamientos para justamente rendir de la mejor manera durante la temporada completa.

El número total de ejercicios en cada sesión de ECR presentó una relación positiva y significativa con los TE para el grupo experimental, sin embargo, esta relación no ha sido estudiada en los metaanálisis revisados. Al igual que sucedió con los hallazgos de la relación entre la cantidad de sesiones de cada deporte por semana y los TE, se sugiere realizar investigación para conocer el comportamiento de estas variables en diferentes poblaciones deportivas, pero la relación positiva del número de ejercicios con la velocidad del LEH podría ser explicada mencionando que una mayor variedad de movimientos ante una resistencia brinda la oportunidad de trabajar diferente musculatura y patrones de movimiento para potenciar los efectos del entrenamiento. Ni el descanso ni el tiempo de duración de cada sesión de ECR representaron una relación estadísticamente significativa con los TE encontrados. El tiempo de descanso ha sido estudiado y ha mostrado mayores efectos en los TE cuando se brinda un mayor tiempo de recuperación entre series (Freitas et al., 2017).

Para el número de series y de repeticiones tanto al inicio del tratamiento como al final se presentó una relación positiva y significativa para el grupo experimental, esto coincide con lo encontrado en la literatura que refuerza el principio de que, a mayor cantidad de estímulo, mayores efectos en la fuerza explosiva, expresada en este caso como velocidad de lanzamiento (Freitas et al., 2017; Hadjisavvas et al., 2024). Existe por otro lado literatura que difiere de este enunciado mencionando que las mejoras en la fuerza se

presentan cuando la cantidad de repeticiones baja (Bragazzi et al., 2020). Sin embargo también hay literatura que indica que el volumen de entrenamiento no influye directamente en la fuerza explosiva (Peitz et al., 2018) . Esta es una de las razones por las que se recomienda realizar estudios que comparen la cantidad de series, carga y duración de los programas de resistencia se recomienda de la misma manera que lo han sugerido autores previamente (Martínez-García et al., 2021).

### **Capítulo VIII: Conclusiones**

El objetivo general del estudio consistía en determinar el efecto del ECR en la velocidad de LEH en deportistas. Como se pudo apreciar en la sección de resultados, existió un TE estadísticamente significativo tanto para el GE de los estudios como para el GC. Así mismo, el GE fue estadísticamente superior al GC ( $t: 5.38; p < 0.01$ ) por lo cual se puede concluir que realizar el entrenamiento específico del deporte, mejoró la variable dependiente analizada, pero reforzar la práctica con el entrenamiento contra resistencia incrementa los resultados de manera estadísticamente significativa.

Las cuatro categorías de ECR que arrojaron significancia fueron bandas elásticas, pliometría, peso libre y máquinas de resistencia. Los análisis estadísticos mostraron diferencias estadísticamente significativas entre métodos, siendo el peso libre superior a la modalidad de máquinas de resistencia por lo cual se recomienda esta modalidad para el incremento de la velocidad del LEH.

Las variables moderadoras que arrojaron resultados estadísticamente significativos para la mejora de la velocidad del LEH al aplicar ECR fueron: edad donde se tuvo una población entre 12.5 y 26.4 años, semanas de tratamiento con artículos que trabajaron desde 4 hasta 18 semanas (siendo la mayoría de 4 a 10), series 1 a 6, repeticiones 3 a 70 y dos variables que fueron estadísticamente significativas en este estudio, pero no se habían reportado en artículos anteriores como lo son el número total de ejercicios por sesión 1 a 35 (siendo la mayoría de estudios de 1 a 8 ejercicios) y la cantidad de sesiones semanales del respectivo deporte de 2 a 7.

Sumado a esto, al realizar el análisis de variables moderadoras, se puede concluir que:

- El ECR representó una significancia para la mayoría de las categorías de deportistas incluidos, siendo solamente el grupo no élite el que registró resultados estadísticamente significativos en el GC.
- Se presentan resultados positivos tanto para hombres como para mujeres, pero se debe profundizar más en los estudios de mujeres para establecer sus efectos a través de más investigación.
- Balonmano y baseball, también tuvieron TE estadísticamente significativos, donde el primero tuvo significancia en GC y GE.
- Los resultados obtenidos en los análisis de heterogeneidad pueden marcar una sugerencia de línea de estudio a futuro en el que se enfatice en la especificidad deportiva y aunque el LEH constituya un patrón de movimiento general, se pueda estudiar el patrón en un deporte específico o con una metodología de entrenamiento específica. Esta idea se refuerza con el análisis de variables moderadoras en las que se encontró un efecto significativo para dos deportes; balonmano y baseball.

La intervención de ECR fue mayormente estudiada por los artículos incluidos durante la temporada competitiva, por lo cual sería interesante una línea de estudio fuera de temporada para poder evaluar con mayor cantidad de datos los efectos del ECR en la velocidad de lanzamiento en los deportistas.

Biomecánicamente los movimientos que más predicen una velocidad elevada en el movimiento del LEH son la rotación externa de hombro durante el armado del brazo, la rotación interna y la extensión de codo durante la fase de aceleración (Yuvaraj Ramasamy et al., 2023). Al ser estos movimientos predictores de un factor del rendimiento deportivo sigue resultando un punto importante la búsqueda de su mejora y los métodos que permitan ejecutarlos de manera repetida de una manera segura. Siendo consecuentes con los resultados del meta análisis donde se observa una mejora mayor en el GE, el ECR se vuelve vital en la optimización de factores para alcanzar el rendimiento deportivo.

También se ha sugerido realizar entrenamiento contra resistencia como una estrategia de fortalecimiento para la prevención de lesiones en la zona del hombro, así como el manejo adecuado de las cargas durante la temporada (Tooth et al., 2020) razón por la cual no se debería minimizar la importancia del ECR para el desarrollo deportivo aunque se haya encontrado una mejora global en ambos grupos (GC y GE) para la velocidad del LEH. Al profundizar más en los subgrupos se puede concluir que el ECR es efectivo para la mejora de la velocidad por encima del hombro en deportistas de primera división, segunda división, élite, senior, juvenil y de nivel nacional.

Por la naturaleza de los deportes que involucran lanzamientos por encima del hombro, los atletas producen adaptaciones morfológicas y funcionales específicas que les permiten desarrollarse en sus respectivas disciplinas. Estas adaptaciones neurales, de tejido blando y esqueléticas son descritas como el patrón adaptativo de hombro en el lanzamiento por encima de la cabeza (OTSAP por sus siglas en inglés) y a su vez son un punto a considerar no solamente por fisioterapeutas sino por entrenadores cuando evalúan y planifican la

temporada competitiva de sus equipo (Ribeiro, 2012). Teniendo esto como premisa, también es importante considerar una programación adecuada de las cargas de entrenamiento tanto específico como complementario para que los atletas que realizan lanzamientos por encima del hombro puedan aprovechar estas adaptaciones sin un riesgo de lesión por debilidad o por sobreuso.

Finalmente, es importante indicar que debido a las descripciones de los protocolos de entrenamiento, así como su variabilidad, el dar una dosis para el entrenamiento contra resistencia resulta una tarea para la cual no hay una sola conclusión (Peitz et al., 2018), pero se puede tomar los parámetros indicados para tener un rango de trabajo que ha presentado resultados positivos en la mejora de la variable estudiada y coincidiendo con estos autores se recomienda buscar mediante una adecuada periodización y seguimiento al comportamiento de cada grupo, poder utilizar los diversos métodos que han mostrado mejores efectos en la variable deseada.

## Referencias

- Abade, E., Sampaio, J., Santos, L., Gonçalves, B., Sá, P., Carvalho, A., Gouveia, P., & Viana, J. (2020). Effects of using compound or complex strength-power training during in-season in team sports. *Research in Sports Medicine*, 28(3), 371-382. Academic Search Ultimate. <https://doi.org/10.1080/15438627.2019.1697927>
- Ahamed, N. U., Sundaraj, K., Ahmad, B., Rahman, M., Ali, M. A., & Islam, M. A. (2014). SIGNIFICANCE OF THE ELECTROMYOGRAPHIC ANALYSIS OF THE UPPER LIMB MUSCLES OF CRICKET BOWLERS: RECOMMENDATIONS FROM STUDIES OF OVERHEAD-THROWING ATHLETES. *Journal of Mechanics in Medicine & Biology*, 14(4), 1-32. <https://doi.org/10.1142/S0219519414300051>
- Ali, K., Hussain, D. mohammed, Verma, S., Ahmad, I., Singla, D., & Jha, P. (2017). *Complex Training: An Update* (Vol. 06).
- Arnold, P., & Gentry, M. (2005). *Strength Training* (Vol. 4).
- Badillo, J. J. G., & Ayestarán, E. G. (2002). *Fundamentos Del Entrenamiento de la Fuerza: Aplicación Al Alto Rendimiento Deportivo*. INDE.
- Badillo, J. J. G., & Serna, J. R. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. INDE.
- Barbier, M. V. (2000). *La Fuerza y la musculación en el deporte. Sistemas de entrenamiento con cargas*. Librerías Deportivas Esteban Sanz.
- Barrero, A. M., & Lazarraga, P. C. (2019). *Nuevas Tendencias en el Entrenamiento y la Planificación de los Deportes Colectivos*. Wanceulen Editorial S.L.
- Bojić, I., Živković, M., Kocić, M., Veličković, M., & Milenković, D. (2019). DIFFERENCES IN EXPLOSIVE STRENGTH OF ELITE FEMALE HANDBALL PLAYERS DURING THE COMPETITION SEASON. / RAZLIKE U EKSPLOZIVNOJ SNAZI VRHUNSKIH RUKOMETAIŠICA TOKOM TAKMIČARSKE SEZONE. *Facta Universitatis: Series Physical Education & Sport*, 17(3), 601-608.

- Bompa, T. O. (2016). *Periodización. Teoría y metodología del entrenamiento*. Editorial Hispano Europea, S.A.
- Borenstein, M. (2009). Introduction to meta-analysis. *A Jon Wiley & Sons, Ltd.*
- Borms, D., & Cools, A. (2018). Upper-Extremity Functional Performance Tests: Reference Values for Overhead Athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 39(6), 433-441. <https://doi.org/10.1055/a-0573-1388>
- Bowman, T. G., Hart, J. M., McGuire, B. A., Palmier, R. M., & Ingersoll, C. D. (2006). A Functional Fatiguing Protocol and Deceleration Time of the Shoulder From an Internal Rotation Perturbation. *Journal of Athletic Training (National Athletic Trainers' Association)*, 41(3), 275-279.
- Bragazzi, N. L., Rouissi, M., Hermassi, S., & Chamari, K. (2020). Resistance Training and Handball Players' Isokinetic, Isometric and Maximal Strength, Muscle Power and Throwing Ball Velocity: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*, 17(8). <https://doi.org/10.3390/ijerph17082663>
- Bubanj, S., Mitković, M., Gašić, T., Mazić, S., Stanković, R., Radovanović, D., Obradović, B., Šekeljić, G., Stamatović, M., Marković, J., & Uzunović, S. (2018). The Impact of Resistance Training Program on the Muscle Strength and Bone Density in Adolescent Athletes. *Acta Facultatis Medicae Naissensis*, 35(3), 201-215. <https://doi.org/10.2478/afmnai-2018-0022>
- Cai, Z., Shi, S., Han, J., & Huang, K. (2017). The design of sports system for improving the explosive force of the lower limbs. *Biomedical Research (0970-938X)*, 28, S173-S180.
- Cazan, F., & Georgescu, A. (2017). IMPROVING STRENGTH TO WOMAN HANDBALL PLAYERS. *Ovidius University Annals, Series Physical Education & Sport/Science, Movement & Health*, 17(2), 228-232.
- Chirosa-Ríos, L., Chirosa-Ríos, I., Martínez-Marín, I., Román-Montoya, Y., & Vera-Vera, J. (2023). The Role of the Specific Strength Test in Handball Performance: Exploring

- Differences across Competitive Levels and Age Groups. *SENSORS*, 23(11).  
<https://doi.org/10.3390/s23115178>
- Cochran, W. G. (1954). The Combination of Estimates from Different Experiments. *Biometrics*, 10(1), 101-129. JSTOR. <https://doi.org/10.2307/3001666>
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112(1), 155-159.  
<https://doi.org/10.1037/0033-2909.112.1.155>
- Cools, A. M., Johansson, F. R., Borms, D., & Maenhout, A. (2015). Prevention of shoulder injuries in overhead athletes: A science-based approach. *Braz J Phys Ther*, 19(5), 331-339. <https://doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0109>
- Cristea, A., Korhonen, M. T., Häkkinen, K., Mero, A., Alén, M., Sipilä, S., Viitasalo, J. T., Koljonen, M. J., Suominen, H., & Larsson, L. (2008). Effects of combined strength and sprint training on regulation of muscle contraction at the whole-muscle and single-fibre levels in elite master sprinters. *Acta Physiologica*, 193(3), 275-289.  
<https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.2008.01843.x>
- Cronin, J., McNair, P. J., & Marshall, R. N. (2001). Velocity specificity, combination training and sport specific tasks. *J Sci Med Sport*, 4(2), 168-178.  
[https://doi.org/10.1016/s1440-2440\(01\)80027-x](https://doi.org/10.1016/s1440-2440(01)80027-x)
- Dankel, S. J., Kang, M., Abe, T., & Loenneke, J. P. (2019). Resistance training induced changes in strength and specific force at the fiber and whole muscle level: A meta-analysis. *European Journal of Applied Physiology*, 119(1), 265-278.  
<https://doi.org/10.1007/s00421-018-4022-9>
- de Franca, H. S., Branco, P. A., Guedes Junior, D. P., Gentil, P., Steele, J., & Teixeira, C. V. (2015). The effects of adding single-joint exercises to a multi-joint exercise resistance training program on upper body muscle strength and size in trained men. *Appl Physiol Nutr Metab*, 40(8), 822-826. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0109>
- de Morton, N. A. (2009). The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: A demographic study. *Aust J Physiother*, 55(2), 129-133.  
[https://doi.org/10.1016/s0004-9514\(09\)70043-1](https://doi.org/10.1016/s0004-9514(09)70043-1)

- DerSimonian, R., & Laird, N. (1986). Meta-analysis in clinical trials. *Controlled Clinical Trials*, 7(3), 177-188. [https://doi.org/10.1016/0197-2456\(86\)90046-2](https://doi.org/10.1016/0197-2456(86)90046-2)
- Dugas, J. R., & Mathis, T. P. (2016). Partial Rotator Cuff Tears in Throwing Athletes. *Operative Techniques in Sports Medicine*, 24(3), 196-202. <https://doi.org/10.1053/j.otsm.2016.04.007>
- Duhig, S. (2014). *STRENGTH TRAINING FOR THE YOUNG ATHLETE* (Vol. 21).
- Egger, M., Smith, G. D., Schneider, M., & Minder, C. (1997). Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *BMJ*, 315(7109), 629-634. <https://doi.org/10.1136/bmj.315.7109.629>
- Ekstrand, J., Spreco, A., Bengtsson, H., & Bahr, R. (2021). Injury rates decreased in men's professional football: An 18-year prospective cohort study of almost 12 000 injuries sustained during 1.8 million hours of play. *British Journal of Sports Medicine*, 55(19), 1084-1091. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-103159>
- Eriksrud, O., Saezland, F. O., Federolf, P. A., & Cabri, J. (2019). Functional Mobility and Dynamic Postural Control Predict Overhead Handball Throwing Performance in Elite Female Team Handball Players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 18(1), 91-100.
- Feros, S., Young, W., & O'Brien, B. (2016). *The effects of combined general, special, and specific resistance training on pace bowling speed and accuracy*.
- Fleck, S. J., & Kraemer, W. (2014). *Designing Resistance Training Programs, 4E*. Human Kinetics.
- Foran, B. (2007). *Acondicionamiento físico para deportes de alto rendimiento*. Editorial Hispano Europea, S.A.
- Freeston, J., & Rooney, K. (2008). Progressive velocity throwing training increases velocity without detriment to accuracy in sub-elite cricket players: A randomized controlled trial. *European Journal of Sport Science*, 8(6), 373-378. <https://doi.org/10.1080/17461390802284415>

- Freitas, T. T., Martinez-Rodriguez, A., Calleja-González, J., & Alcaraz, P. E. (2017). Short-term adaptations following Complex Training in team-sports: A meta-analysis. *PLoS ONE*, *12*(6), 1-19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180223>
- Ghorbani, S., & Bund, A. (2017). Throwing Skills: Analysis of Movement Phases in Early Motor Learning. *Perceptual & Motor Skills*, *124*(2), 502-513. <https://doi.org/10.1177/0031512517689972>
- González Vállora, S., García López, L. M., Contreras Jordan, O. R., & Sánchez Mora Moreno, D. (2009). El concepto de iniciación deportiva en la actualidad. *RETOS. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, *15*, 14-20.
- Gregory, B., & Nyland, J. (2013). Medial elbow injury in young throwing athletes. *Muscles, Ligaments & Tendons Journal (MLTJ)*, *3*(2), 91-100.
- Hadjisavvas, S., Efstathiou, M., Themistocleous, I.-C., Daskalaki, K., Malliou, P., Lewis, J., & Stefanakis, M. (2024). Can resistance training improve throwing performance in handball players? A Systematic review and meta-analysis. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, *16*. <https://doi.org/10.1186/s13102-024-00872-y>
- Harrison, A. (2011). Throwing and catching movements exhibit post-activation potentiation effects following fatigue. *Sports Biomechanics*, *10*(3), 185-196. <https://doi.org/10.1080/14763141.2011.592544>
- Haugen, M. E., Vårvik, F. T., Larsen, S., Haugen, A. S., van den Tillaar, R., & Bjørnsen, T. (2023). Effect of free-weight vs. Machine-based strength training on maximal strength, hypertrophy and jump performance – a systematic review and meta-analysis. *BMC Sports Science, Medicine & Rehabilitation*, *15*(1), 1-20. SPORTDiscus with Full Text.
- Hermassi, S., Hayes, L., & Schwesig, R. (2021). Can Body Fat Percentage, Body Mass Index, and Specific Field Tests Explain Throwing Ball Velocity in Team Handball Players? *APPLIED SCIENCES-BASEL*, *11*(8). <https://doi.org/10.3390/app11083492>

- Higgins, J. P. T., Thompson, S. G., Deeks, J. J., & Altman, D. G. (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 327(7414), 557-560. <https://doi.org/10.1136/bmj.327.7414.557>
- Horak, M., Zlamal, F., Iliev, R., Kucera, J., Cacek, J., Svobodova, L., Hlavonova, Z., Kalina, T., Slaby, O., & Bienertova-Vasku, J. (2018). Exercise-induced circulating microRNA changes in athletes in various training scenarios. *PLoS ONE*, 13(1), 1-14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191060>
- Jidovtseff, B., Croisier, J. L., & Crielaard, J. M. (2006). Influence de la modalite du developpe couche sur la performance iso-inertielle. / Influence of bench press exercise modality on the iso-inertial performance. *Science & Sports*, 21(3), 159-162.
- Job, T. D. W., Neville, J., Cahill, M. J., Bourgeois, F. A., Crotin, R. L., & Cronin, J. B. (2022). Training Methods to Increase Throwing Velocity in Baseball Athletes: A Brief Review. *Strength & Conditioning Journal*, 44(4). [https://journals.lww.com/nsca-scj/fulltext/2022/08000/training\\_methods\\_to\\_increase\\_throwing\\_velocity\\_in.1.aspx](https://journals.lww.com/nsca-scj/fulltext/2022/08000/training_methods_to_increase_throwing_velocity_in.1.aspx)
- Karadenizli, Z. (2016). The Relationships between Ball Throwing Velocity and Physical-psychomotor Features for Talent Identification in Physical Education. *Universal Journal of Educational Research*, 4, 2509-2515. <https://doi.org/10.13189/ujer.2016.041103>
- Khant, A., & Shah, M. (2013). A Comrarative Study On Effect Of Exercise Intensity On Cardiovascular Variables During Concentric And eccentric Resistive Knee Extention Exercise On Healthy Male. *National Journal of Integrated Research in Medicine*, 4(6), 116-121.
- Kim, T. K. (2017). Understanding one-way ANOVA using conceptual figures. *Korean Journal of Anesthesiology*, 70(1), 22-26. <https://doi.org/10.4097/kjae.2017.70.1.22>
- Kotagiri, S., Songa, A. K., Gad, M. V., & Lad, J. (2018). Effectiveness of Mobilization with Exercise V/S Mulligan Internal Rotation MWM with Stretching in Patient with Glenohumeral Internal Rotation Deficit. *International Archives of Integrated Medicine*, 5(5), 138-145.

- Long-Huei Lin, Ting-Yu Lin, K. Chang, Wei-Ting Wu, & Levent Özçakar. (2024). Enhancing Overhead Throwing Ball Velocity after Core Muscle Training in Athletes: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*.  
<https://doi.org/10.1097/phm.0000000000002469>
- Lorenz, D. S., Reiman, M. P., Lehecka, B. J., & Naylor, A. (2013). What performance characteristics determine elite versus nonelite athletes in the same sport? *Sports Health*, 5(6), 542-547. <https://doi.org/10.1177/1941738113479763>
- Lubiatowski, P., Kaczmarek, P., Cisowski, P., Breborowicz, E., Grygorowicz, M., Dzianach, M., Krupecki, T., Laver, L., & Romanowski, L. (2018). Rotational glenohumeral adaptations are associated with shoulder pathology in professional male handball players. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 26(1), 67-75.  
<https://doi.org/10.1007/s00167-017-4426-9>
- Lum, D., & Barbosa, T. M. (2019). Effects of Strength Training on Olympic Time-Based Sport Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Int J Sports Physiol Perform*, 1-13. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2019-0329>
- Maden-Wilkinson, T., Balshaw, T., Massey, G., & Folland, J. (2019). What makes long-term resistance-trained individuals so strong? A comparison of skeletal muscle morphology, architecture, and joint mechanics. *Journal of Applied Physiology*.  
<https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00224.2019>
- Manca, A., Dragone, D., Dvir, Z., & Deriu, F. (2017). Cross-education of muscular strength following unilateral resistance training: A meta-analysis. *European Journal of Applied Physiology*, 117(11), 2335-2354. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3720-z>
- Mangan, S., Collins, K., Burns, C., & O'Neill, C. (2021). A tactical periodisation model for Gaelic football. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 17, 174795412110162. <https://doi.org/10.1177/17479541211016269>
- Marin Guillen, L., & Salicetti Fonseca, A. (2019). EFECTO DE LA VIBRACIÓN DE CUERPO COMPLETO SOBRE LA ALTURA DE SALTO EN JUGADORES DE

BALONMANO EFFECT OF FULL BODY VIBRATION ON THE JUMP HEIGHT OF HANDBALL PLAYERS. *Revista Internacional de Deportes Colectivos*, 38, 44-53.

- Marín-Guillén, L., & Salicetti-Fonseca, A. (2017). Effect of Plyometrics and Whole Body Vibration on Vertical Jump Height: A Meta-analysis: 2234 Board #247 June 1 2: 00 PM - 3: 30 PM. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 49(5S), 624-625. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000518641.63244.68>
- Markovic, P., Suzovic, D., Kasum, G., & Jaric, S. (2016). EFFECTS OF TRAINING AGAINST ELASTIC RESISTANCE ON JAB PUNCH PERFORMANCE IN ELITE JUNIOR ATHLETES. *Kinesiology*, 48(1), 79-86. <https://doi.org/10.26582/k.48.1.8>
- Marques, M. (2017). Movement velocity vs. Strength training. *Motricidade*, 13, 1. <https://doi.org/10.6063/motricidade.12080>
- Martínez-García, D., Chirisa Ríos, L., Rodriguez-Perea, A., Ulloa-Díaz, D., Jerez-Mayorga, D., & Chirisa Ríos, I. (2021). Strength training for throwing velocity enhancement in overhead throw: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 16(5), 1223-1235. <https://doi.org/10.1177/17479541211002977>
- Masayuki, S., Hiroki, Y., Toru, Y., Hidetoshi, H., & Kazuyoshi, G. (2015). Scapular Kinematics During Late Cocking of a Simulated Throwing Activity in Baseball Players With Shoulder Injury: A Cross-Sectional Study Using a 3D-to-2D Registration Technique. *Journal of Sport Rehabilitation*, 24(2), 91-98. <https://doi.org/10.1123/jsr.2013-0056>
- Mascarin, N. C., de Lira, C. A. B., Vancini, R. L., de Castro Pochini, A., da Silva, A. C., & Dos Santos Andrade, M. (2017). Strength Training Using Elastic Bands: Improvement of Muscle Power and Throwing Performance in Young Female Handball Players. *J Sport Rehabil*, 26(3), 245-252. <https://doi.org/10.1123/jsr.2015-0153>
- Matos, A. P., & Sousa Pegorari, M. (Winter2020). How to Classify Clinical Trials Using the PEDro Scale? *Journal of Lasers in Medical Sciences*, 11(1), 1-2. <https://doi.org/10.15171/jlms.2020.01>

- McNeill, C., Beaven, C., McMaster, D., & Gill, N. (2019). Eccentric Training Interventions and Team Sport Athletes. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 4, 67.  
<https://doi.org/10.3390/jfmk4040067>
- Michael Phomsoupha, Florie Bonneau, & Guillaume Laffaye. (2022). Reliability and validity of motion sensor and radar for measuring shuttlecock velocity in badminton. *International Journal of Racket Sports Science*, 4(2).  
<https://doi.org/10.30827/Digibug.80314>
- Mihaila, I., Gavrioloia, R. A., Stancu, M., Mihai, I., Manole, C., Acsinte, A., & Corina-Popescu, D. (2024). Analysis of the relationship between upper body speed capacity and lower body strength of elite handball players specialized in winger position. *Pedagogy of Physical Culture and Sports*, 28, 440-448.  
<https://doi.org/10.15561/26649837.2024.0512>
- Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., & Stewart, L. A. (2016). Ítems de referencia para publicar Protocolos de Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis: Declaración PRISMA-P 2015. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 20, 148-160.
- Mohondro, Z. M. (2014). *The Effect of a Six Week Functional Training Program on Performance Outcomes in Softball* [Text].
- Molina Arias, M. (2018). Aspectos metodológicos del metaanálisis (1). *Pediatría Atención Primaria*, 20, 297-302.
- Myers, N. L., Sciascia, A. D., Westgate, P. M., Kibler, W. B., & Uhl, T. L. (2015). INCREASING BALL VELOCITY IN THE OVERHEAD ATHLETE: A META-ANALYSIS OF RANDOMIZED CONTROLLED TRIALS. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(10), 2964-2979.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000931>
- Nakagawa, S., Yoneda, M., Mizuno, N., Hayashida, K., Yamada, S., & Sahara, W. (2013). Influence of posterior capsular tightness on throwing shoulder injury. *Knee Surgery*,

*Sports Traumatology, Arthroscopy*, 21(7), 1598-1602.

<https://doi.org/10.1007/s00167-012-2107-2>

- Narvani, A., Thomas, P., & Lynn, B. (2014). *Key Clinical Topics in Sports and Exercise Medicine*. JP Medical.
- Norton, R., Honstad, C., Joshi, R., Silvis, M., Chinchilli, V., & Dhawan, A. (2019). Risk Factors for Elbow and Shoulder Injuries in Adolescent Baseball Players: A Systematic Review. *J Sports Sci*, 47(4), 982-990.  
<https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1706871> 10.1177/0363546518760573
- Nuzzo, J. L. (2023). Narrative Review of Sex Differences in Muscle Strength, Endurance, Activation, Size, Fiber Type, and Strength Training Participation Rates, Preferences, Motivations, Injuries, and Neuromuscular Adaptations. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 37(2), 494-536.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004329>
- Oliver, G. D., Plummer, H. A., & Gascon, S. S. (2016). ELECTROMYOGRAPHIC ANALYSIS OF TRADITIONAL AND KINETIC CHAIN EXERCISES FOR DYNAMIC SHOULDER MOVEMENTS. *Journal of Strength & Conditioning Research (Lippincott Williams & Wilkins)*, 30(11), 3146-3154.
- Oranchuk, D., Ecsedy, E., & Robinson, T. (2019). The effects of a sport-specific upper body resistance-band training program on overhead throwing velocity and glenohumeral joint range of motion. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, ahead of print.
- Orwin, R. G. (1983). A Fail-Safe N for Effect Size in Meta-Analysis. *Journal of Educational Statistics*, 8(2), 157-159. JSTOR. <https://doi.org/10.2307/1164923>
- Ouellette, H., Kassajian, A., Tétreault, P., Tretreault, P., & Palmer, W. (2006). Imaging of the Overhead Throwing Athlete. *Seminars in musculoskeletal radiology*, 9, 316-333.  
<https://doi.org/10.1055/s-2005-923377>
- Oyama, S., & Palmer, T. G. (2023). Effectiveness of Core Exercise Training Programs Designed to Enhance Ball-Throwing Velocity in Overhead Athletes: A Systematic Review.

*Strength & Conditioning Journal*, 45(2). [https://journals.lww.com/nsca-scj/fulltext/2023/04000/effectiveness\\_of\\_core\\_exercise\\_training\\_programs.5.aspx](https://journals.lww.com/nsca-scj/fulltext/2023/04000/effectiveness_of_core_exercise_training_programs.5.aspx)

- Palao, J., Ortega, O., Calderón, A., & Abraldes, J. A. (2008). *Características del proceso de formación deportiva en el atletismo español. Estudio descriptivo de los atletas participantes en los Campeonatos de España de la Juventud (años 1997 y 2003) [Sport formation process in Spanish track and field: Descriptive study of the athletes that participate in the under-16 Spanish national championship (Years 1997 and 2003)]*.
- Palmer, T., Uhl, T. L., Howell, D., Hewett, T. E., Viele, K., & Mattacola, C. G. (2015). Sport-Specific Training Targeting the Proximal Segments and Throwing Velocity in Collegiate Throwing Athletes. *Journal of Athletic Training (Allen Press)*, 50(6), 567-577. <https://doi.org/10.4085/1062-6040-50.1.05>
- Peitz, M., Behringer, M., & Granacher, U. (2018). A systematic review on the effects of resistance and plyometric training on physical fitness in youth-What do comparative studies tell us? *PLoS ONE*, 13(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205525>
- Petruzela, J., Papla, M., & Stastny, P. (2023). Conditioning Strategies for Improving Handball Throwing Velocity: A Systematic Review and Meta-Analyses. *Journal of Human Kinetics*, 87, 189-200. <https://doi.org/10.5114/jhk/162017>
- Phillips, M. B., Lockert, J. A., & Rosemond, L. D. (2016). Tools and Benefits of Periodization: Developing an Annual Training Plan and Promoting Performance Improvements in Athletes. *Sport Journal*, 6-6. Education Source.
- Ribeiro, A. M. L. R. (2012). *Shoulder Morphofunctional Adaptations on Overhead-Throwing Athletes: Implications for Physiotherapy Throwing-Shoulder Examination [Ph.D., Universidade de Lisboa (Portugal)]*. En *PQDT - Global* (2026687623). ProQuest One Academic. <https://proquest.proxyucr.elogim.com/dissertations-theses/shoulder-morphofunctional-adaptations-on-overhead/docview/2026687623/se-2?accountid=28692>

- Roach, N. T., & Lieberman, D. E. (2014). Upper body contributions to power generation during rapid, overhand throwing in humans. *Journal of Experimental Biology*, 217(12), 2139-2149. <https://doi.org/10.1242/jeb.103275>
- Rodríguez, R. H. O. (2004). *Tenis: Potencia, velocidad y movilidad*. INDE Publicaciones.
- Rosenberg, M. S. (2005). The file-drawer problem revisited: A general weighted method for calculating fail-safe numbers in meta-analysis. *Evolution; International Journal of Organic Evolution*, 59(2), 464-468.
- Sandbakk, Ø. (2018). PRACTICAL IMPLEMENTATION OF STRENGTH TRAINING TO IMPROVE THE PERFORMANCE OF WORLD-CLASS CROSS-COUNTRY SKIERS. *Kinesiology*, 50, 155-162.
- Sedgwick, P., & Marston, L. (2015). How to read a funnel plot in a meta-analysis. *BMJ: British Medical Journal*, 351, h4718. <https://doi.org/10.1136/bmj.h4718>
- Serafim, T. T., de Oliveira, E. S., Maffulli, N., Migliorini, F., & Okubo, R. (2023). Which resistance training is safest to practice? A systematic review. *Journal of Orthopaedic Surgery & Research*, 18(1), 1-12. Academic Search Ultimate. <https://doi.org/10.1186/s13018-023-03781-x>
- Šmída, L., Rozim, R., & Bendíková, E. (2014). The Influence of Selected Exercises on Level of Explosive Strength of Lower Limbs of Pupils in Volleyball Preparation. *European Researcher*, 85(10-2), 1858-1864. <https://doi.org/10.13187/er.2014.85.1858>
- Smith, A. S. (2021). Youth Athletic Development: Including the Science of Periodization into Practice. *Strategies*, 34(3), 16-22. <https://doi.org/10.1080/08924562.2021.1896917>
- Sterne, J. A., & Egger, M. (2001). Funnel plots for detecting bias in meta-analysis: Guidelines on choice of axis. *Journal of Clinical Epidemiology*, 54(10), 1046-1055. [https://doi.org/10.1016/s0895-4356\(01\)00377-8](https://doi.org/10.1016/s0895-4356(01)00377-8)
- Stewart, V. H., Saunders, D. H., & Greig, C. A. (2014). Responsiveness of muscle size and strength to physical training in very elderly people: A systematic review.

- Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(1), e1-e10.  
<https://doi.org/10.1111/sms.12123>
- Süss, V., Pravečková, P., Bronislav, K., & Petra, M. (2013). *The analysis of one-handed overhead throwing*.
- Swanik, K. A., Thomas, S. J., Struminger, A. H., Huxel Bliven, K. C., Kelly, J. D., & Swanik, C. B. (2016). The Effect of Shoulder Plyometric Training on Amortization Time and Upper-Extremity Kinematics. *Journal of Sport Rehabilitation*, 25(4), 315-323.  
<https://doi.org/10.1123/jsr.2015-0005>
- Szymanski, D. (2012). Effects of Various Resistance Training Methods on Overhand Throwing Power Athletes: A Brief Review. *Strength and Conditioning Journal*, 34, 61-74.  
<https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31826dc3de>
- Tillin, N. A., Pain, M. T. G., & Folland, J. P. (2012). Short-term training for explosive strength causes neural and mechanical adaptations. *Experimental Physiology*, 97(5), 630-641.  
<https://doi.org/10.1113/expphysiol.2011.063040>
- Tillin, N., & Folland, J. (2014). Maximal and explosive strength training elicit distinct neuromuscular adaptations, specific to the training stimulus. *European Journal of Applied Physiology*, 114(2), 365-374. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2781-x>
- Tooth, C., Gofflot, A., Schwartz, C., Croisier, J.-L., Beudart, C., Bruyere, O., & Forthomme, B. (2020). Risk Factors of Overuse Shoulder Injuries in Overhead Athletes: A Systematic Review. *Sports Health-a Multidisciplinary Approach*, 12(5), 478-487.  
<https://doi.org/10.1177/1941738120931764>
- Twist, C., Williams, J., & Dobbin, N. (2022). Deteriorations in physical qualities during a 10-week unsupervised off-season period in academy rugby union players. *Science & Medicine in Football*, 6(3), 347-354. SPORTDiscus with Full Text.
- van den Tillaar, R. (2004). Effect of different training programs on the velocity of overarm throwing: A brief review. *J Strength Cond Res*, 18(2), 388-396.  
<https://doi.org/10.1519/r-12792.1>

- Van den Tillaar, R. (2005). The biomechanics of the elbow in overarm throwing sports. *International SportMed Journal*, 6(1), 7-24.
- Van den Tillaar, R., & Marques, M. C. (2013). A comparison of training with light, regular and heavy balls with the same workload on overhead throwing velocity with different weighted balls in children. *International SportMed Journal*, 14(4), 85-195.
- Verhagen, E., & Gabbett, T. (2019). Load, capacity and health: Critical pieces of the holistic performance puzzle. *Br J Sports Med*, 53(1), 5-6. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-099819>
- Wagner, H., Pfusterschmied, J., von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2011). Performance and kinematics of various throwing techniques in team-handball. *Journal of Sports Science & Medicine*, 10(1), 73-80.
- Weisberg, A., Gall, J. L., Stergiou, P., & Katz, L. (2020). Comparison of Two Methods to Estimate the Maximal Velocity of a Ball during an Overhand Throw. *Proceedings*, 49(1). <https://doi.org/10.3390/proceedings2020049043>
- Wilk, K., Meister, K., Fleisig, G., & Andrews, J. (2000). Biomechanics of the Overhead Throwing Motion. *Sports Medicine and Arthroscopy Review - SPORT MED ARTHROSCOPY*, 8, 124-134. <https://doi.org/10.1097/00132585-200008020-00002>
- Yuvaraj Ramasamy, Usman, J., Rizal Razman, Yeap Ming Wei, Towler, H., & King, M. (2023). A Systematic Review of the Biomechanical Studies on Shoulder Kinematics in Overhead Sporting Motions: Types of Analysis and Approaches. *Applied Sciences*, 13(16), 9463. ProQuest One Academic. <https://doi.org/10.3390/app13169463>
- Zaras, N., Spengos, K., Methenitis, S., Papadopoulos, C., Karampatsos, G., Georgiadis, G., Stasinaki, A., Manta, P., & Terzis, G. (2013). Effects of Strength vs. Ballistic-Power Training on Throwing Performance. *Journal of Sports Science & Medicine*, 12(1), 130-137.
- Zhang, H., Jiang, Q., & Li, A. (2023). The impact of resistance-based training programs on throwing performance and throwing-related injuries in baseball players: A systematic review. *Heliyon*, 9, e22797. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22797>

### Anexos

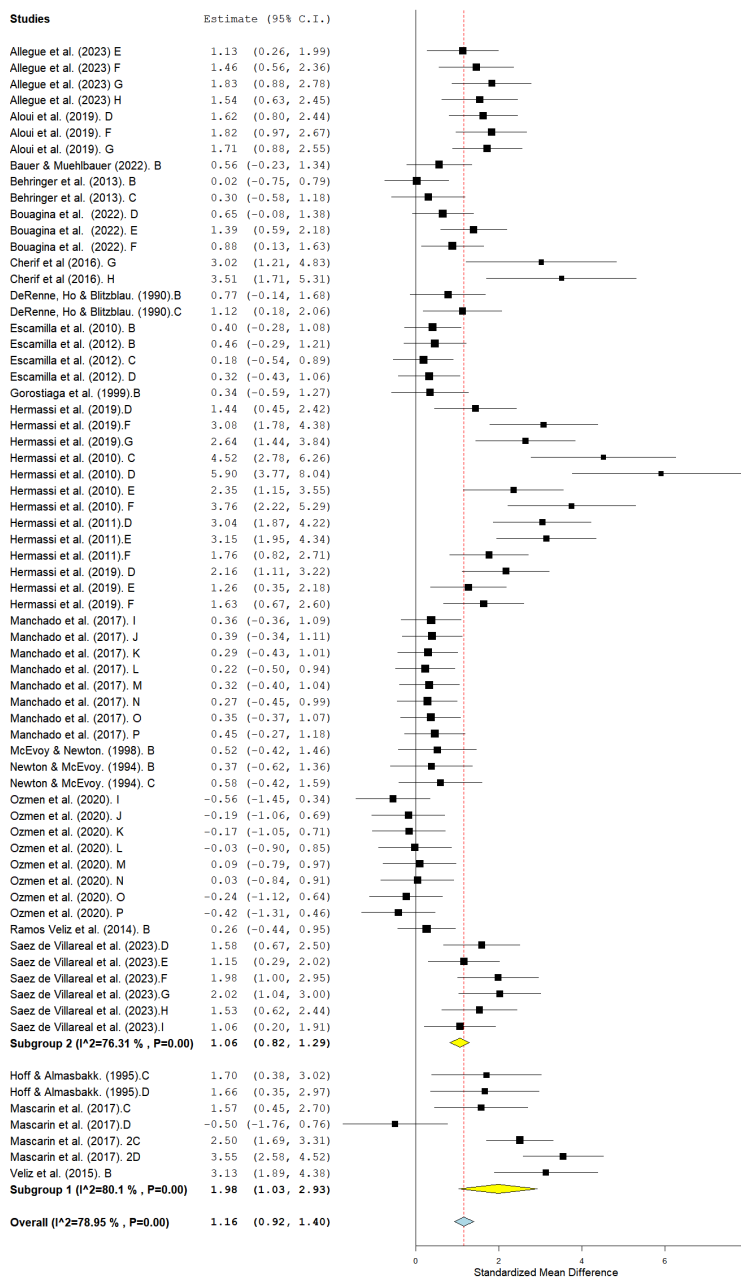


Figura 9. Gráfico Forest Plot dividido por sexo. Grupo experimental

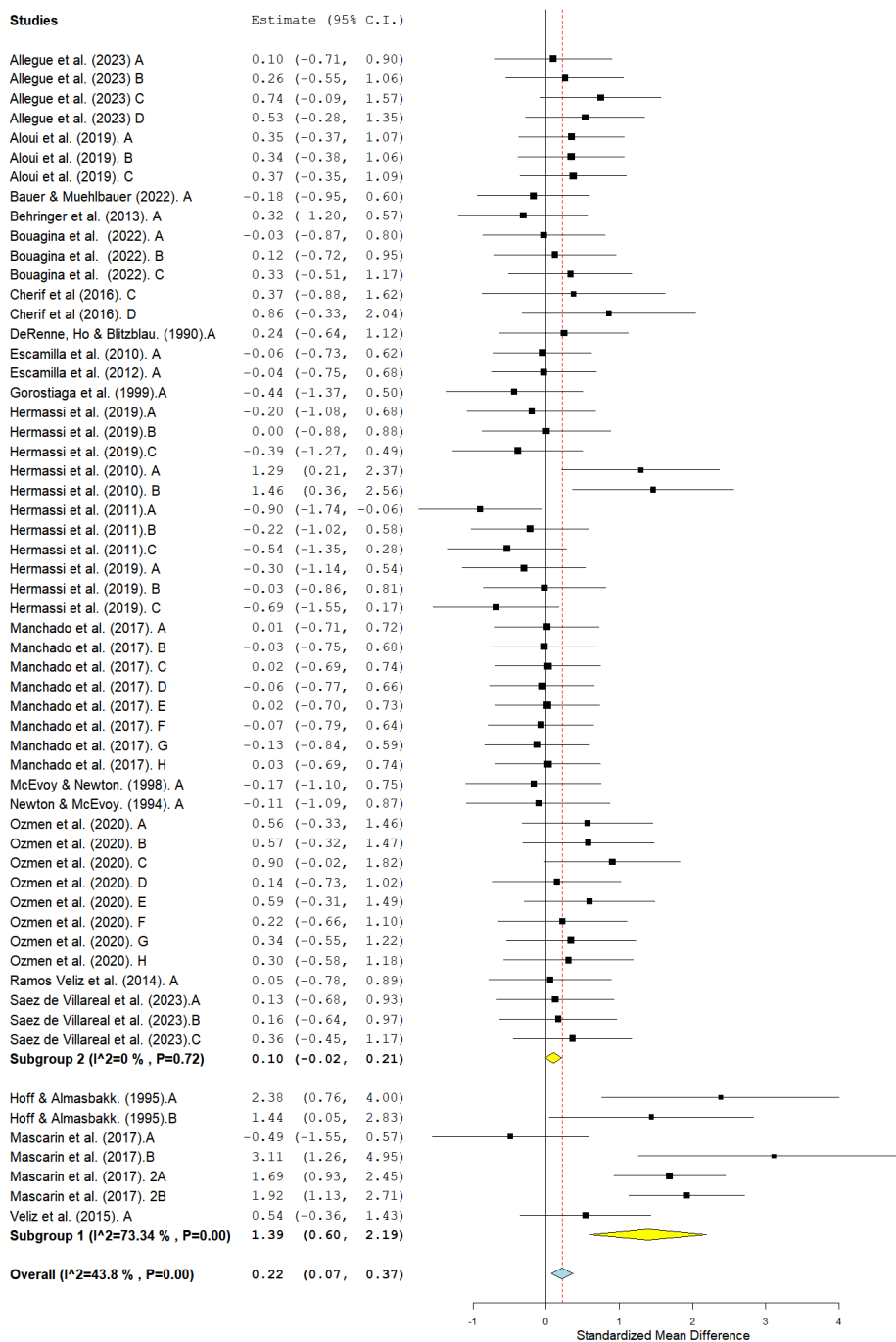


Figura 7. Gráfico Forest Plot dividido por sexo. Grupo control

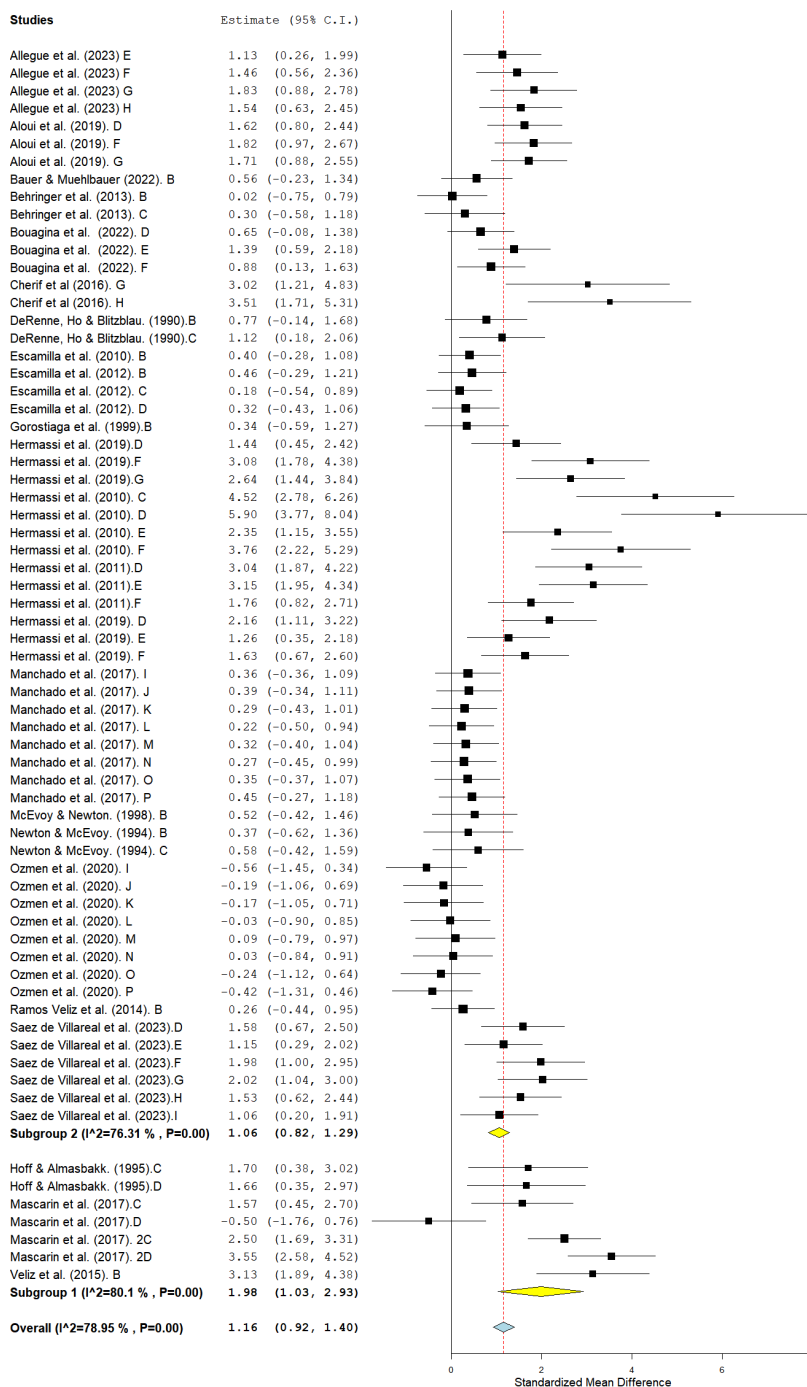


Figura 8. Gráfico Forest Plot dividido por sexo. Global

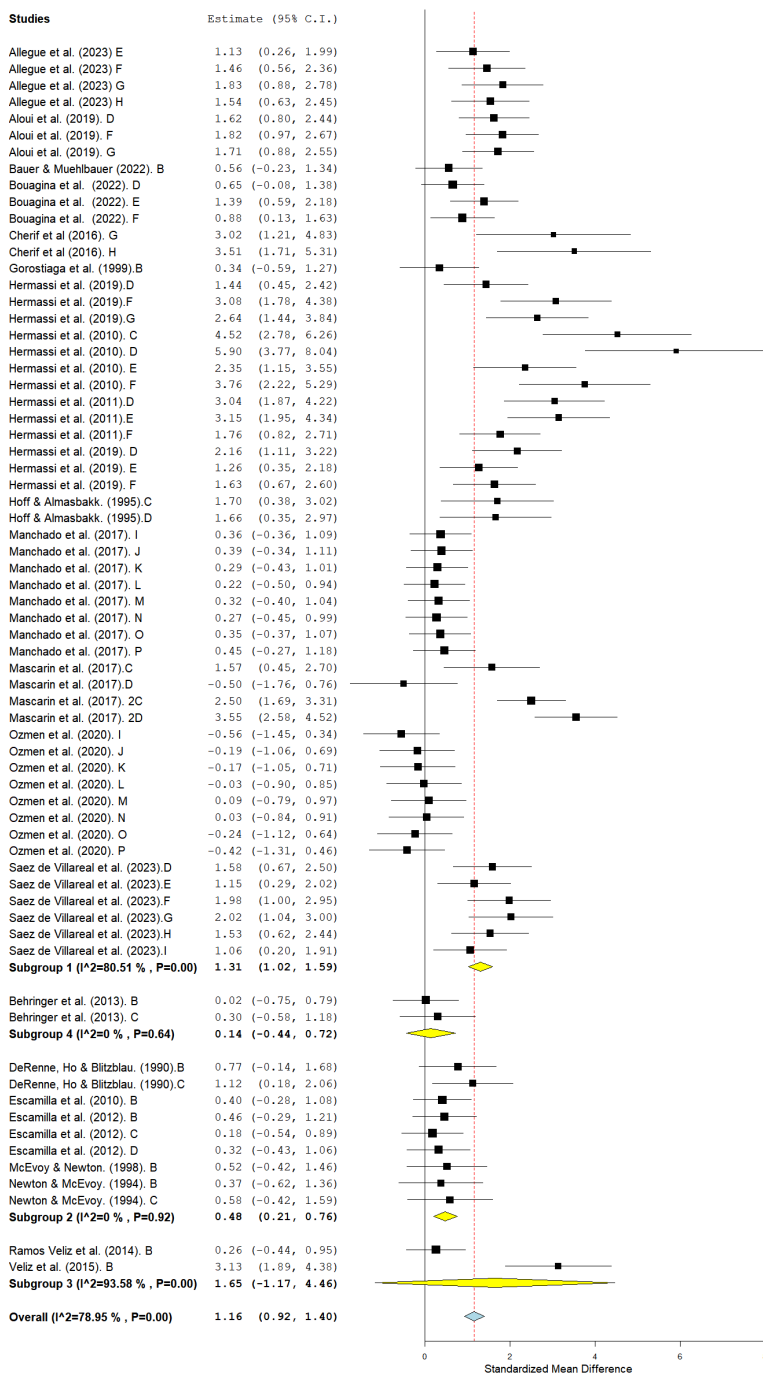


Figura 9. Gráfico Forest Plot dividido por deporte. Grupo experimental

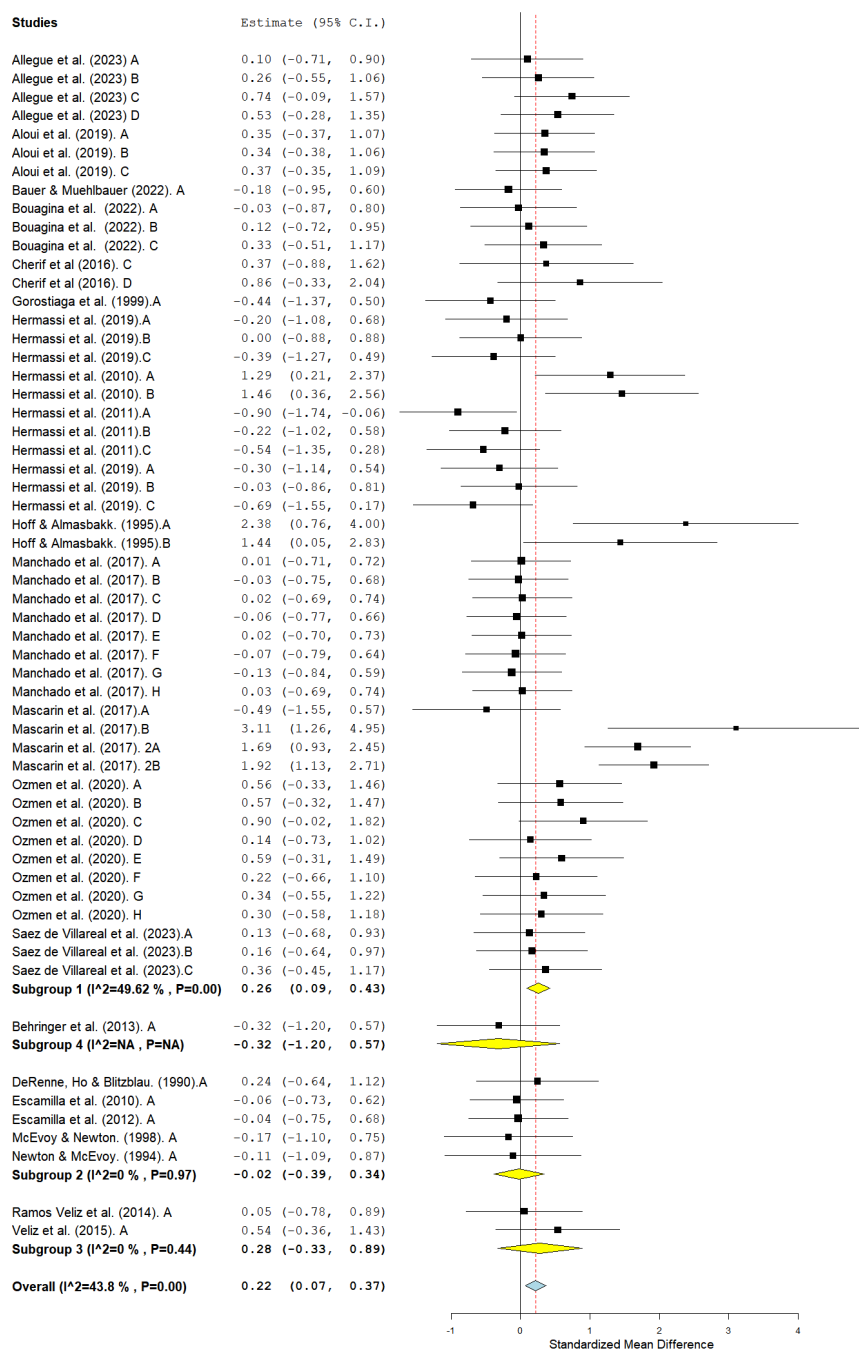


Figura 10. Gráfico Forest Plot dividido por deporte. Grupo control

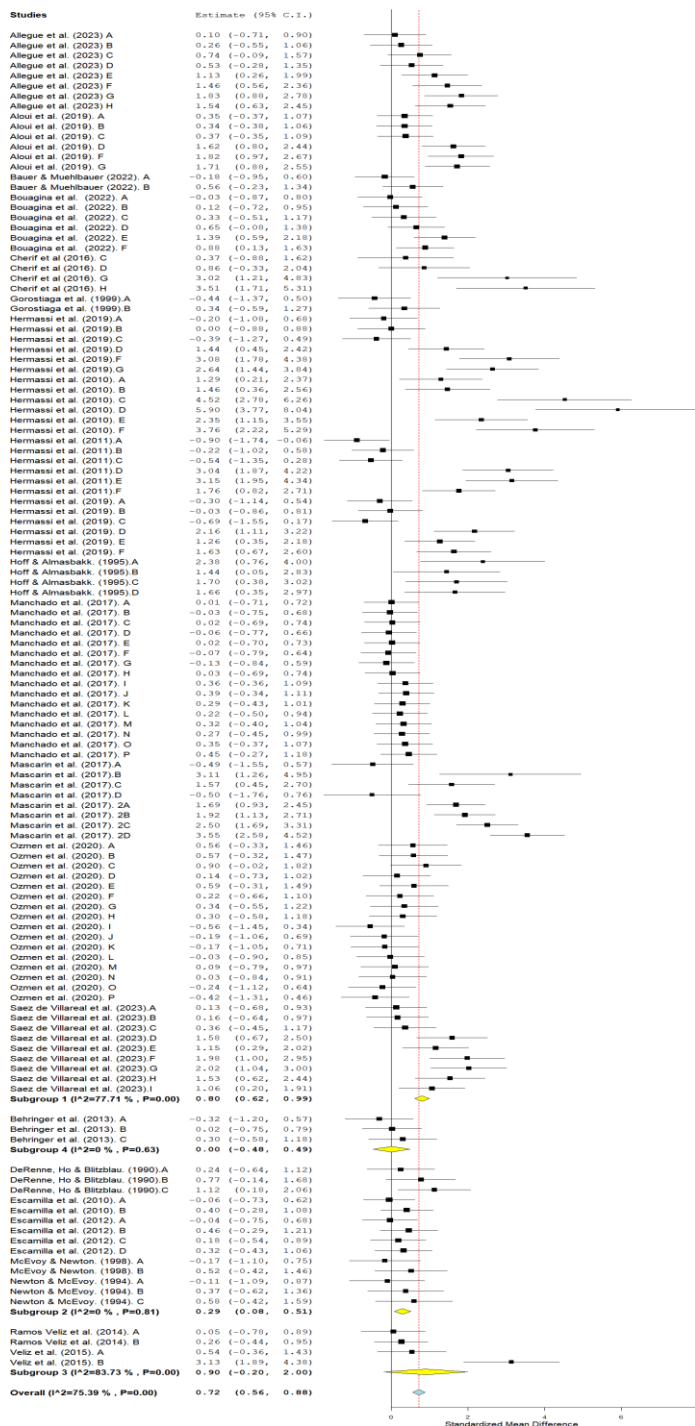


Figura 11. Gráfico Forest Plot dividido por deporte. Global

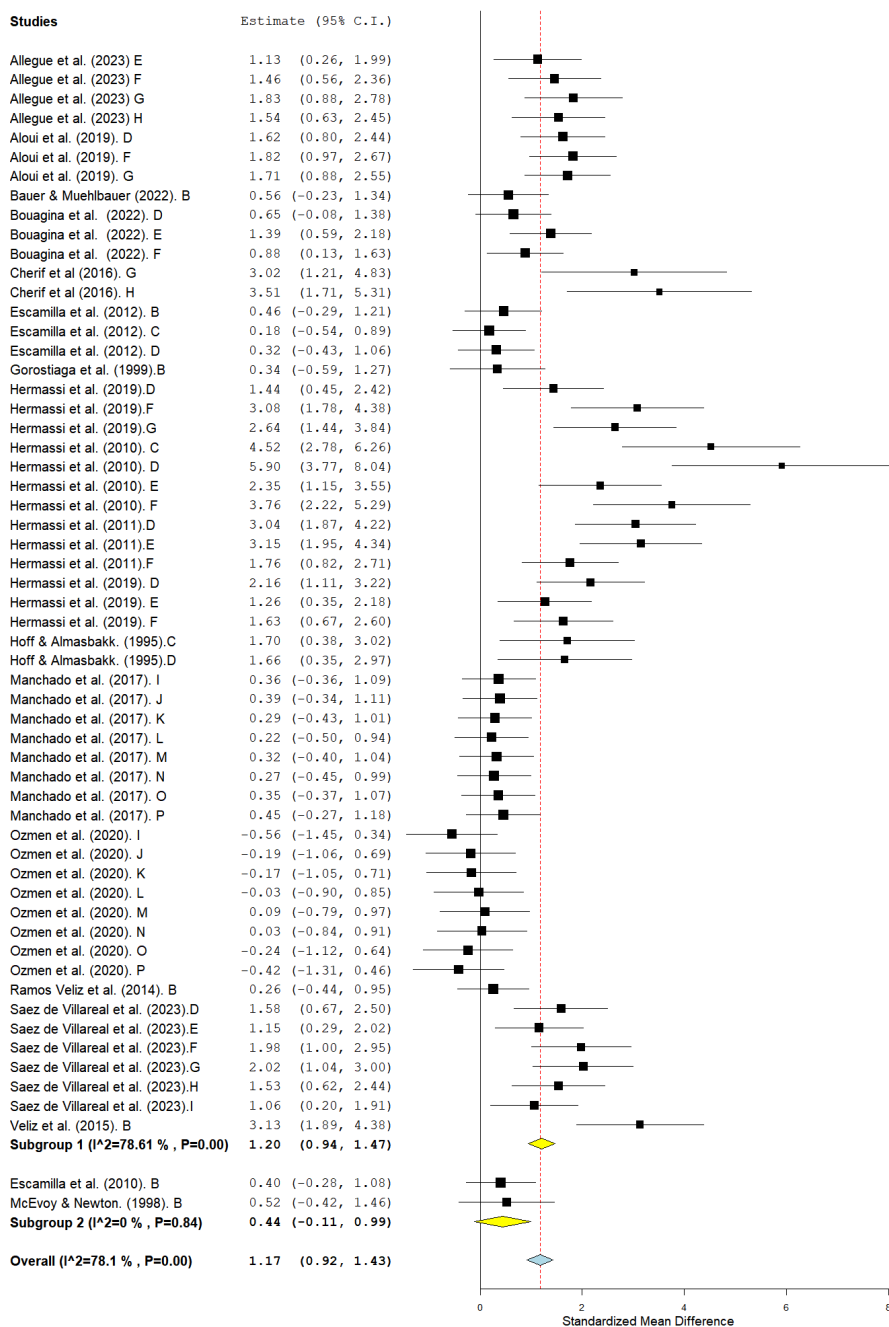


Figura 12. Gráfico Forest Plot según periodo de la temporada. Grupo experimental

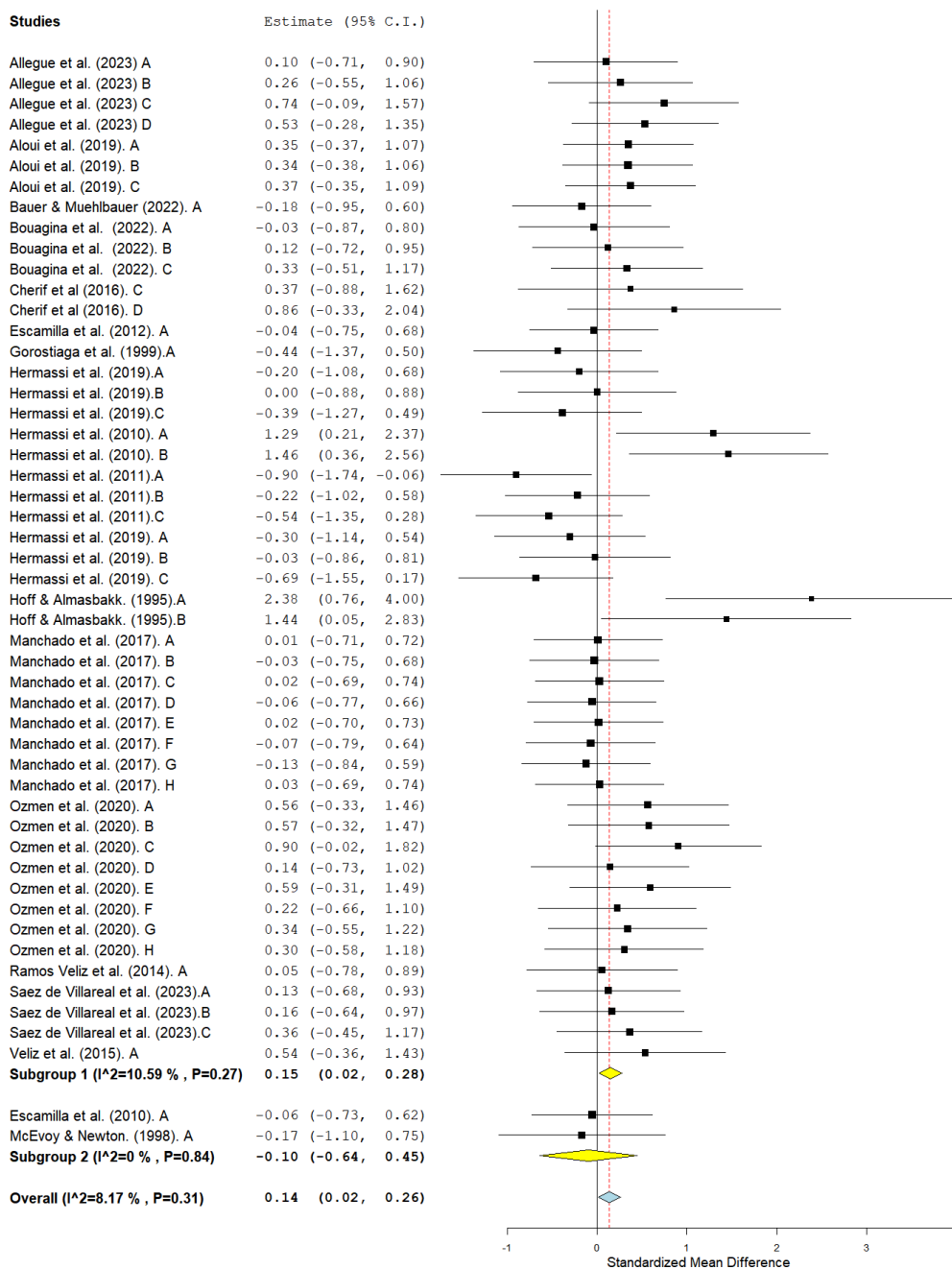


Figura 13. Gráfico Forest Plot según periodo de la temporada. Grupo control

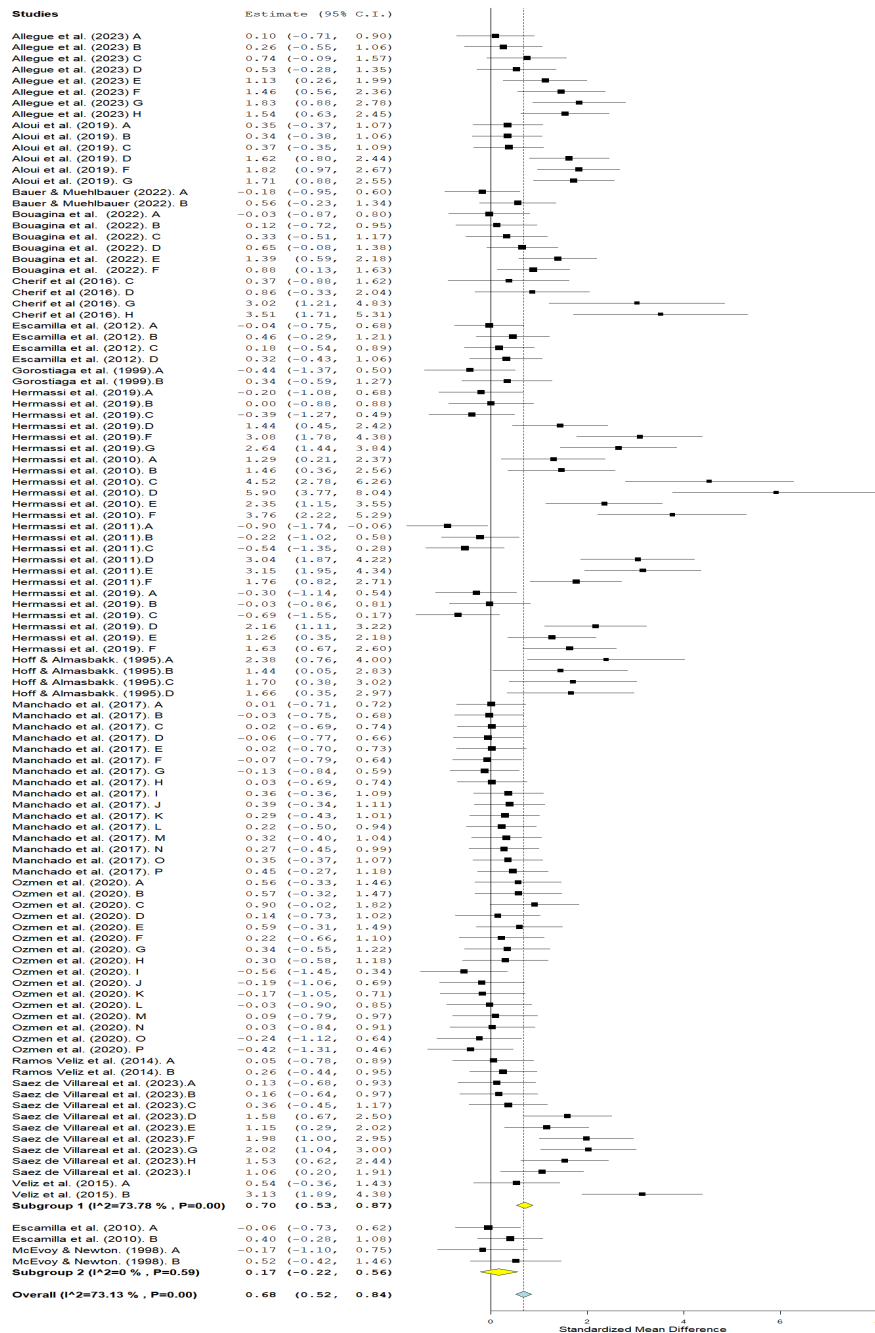


Figura 14. Gráfico Forest Plot según periodo de la temporada. Global

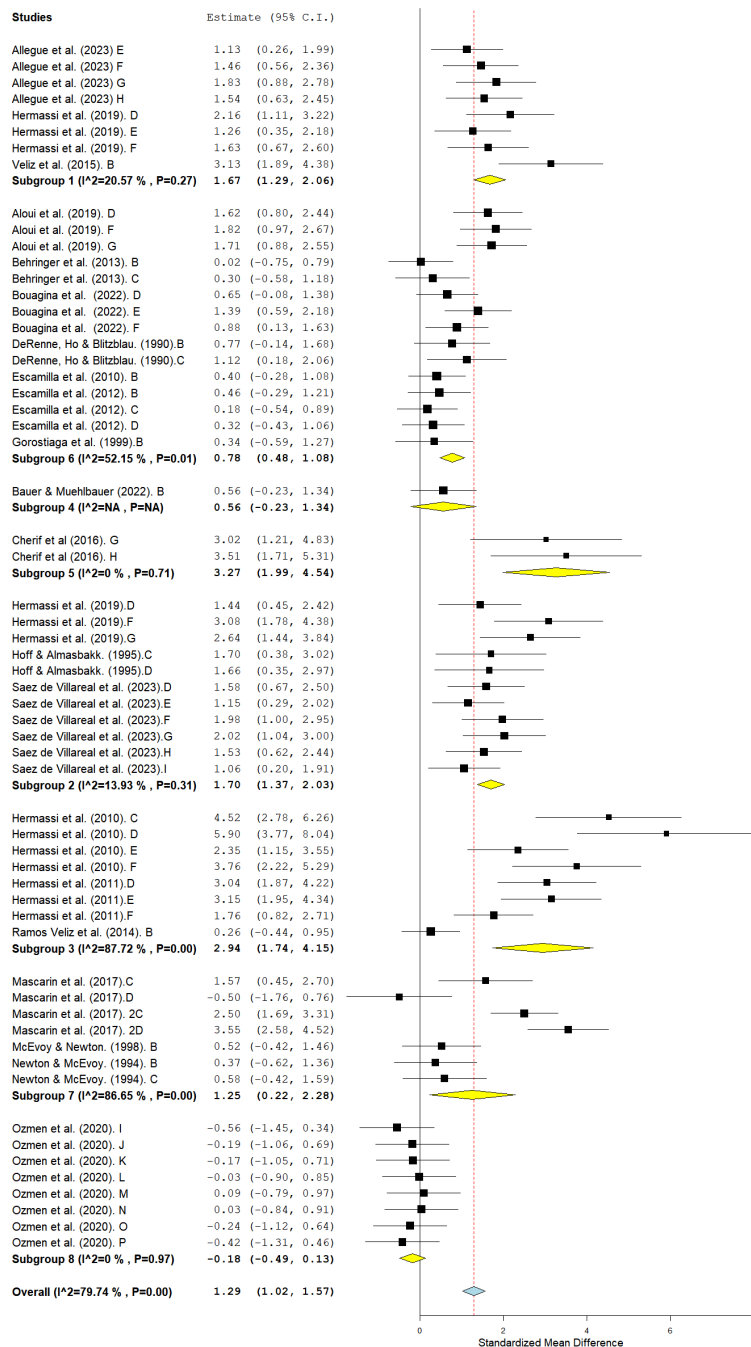


Figura 15. Gráfico Forest Plot según nivel deportivo de los participantes. Grupo experimental

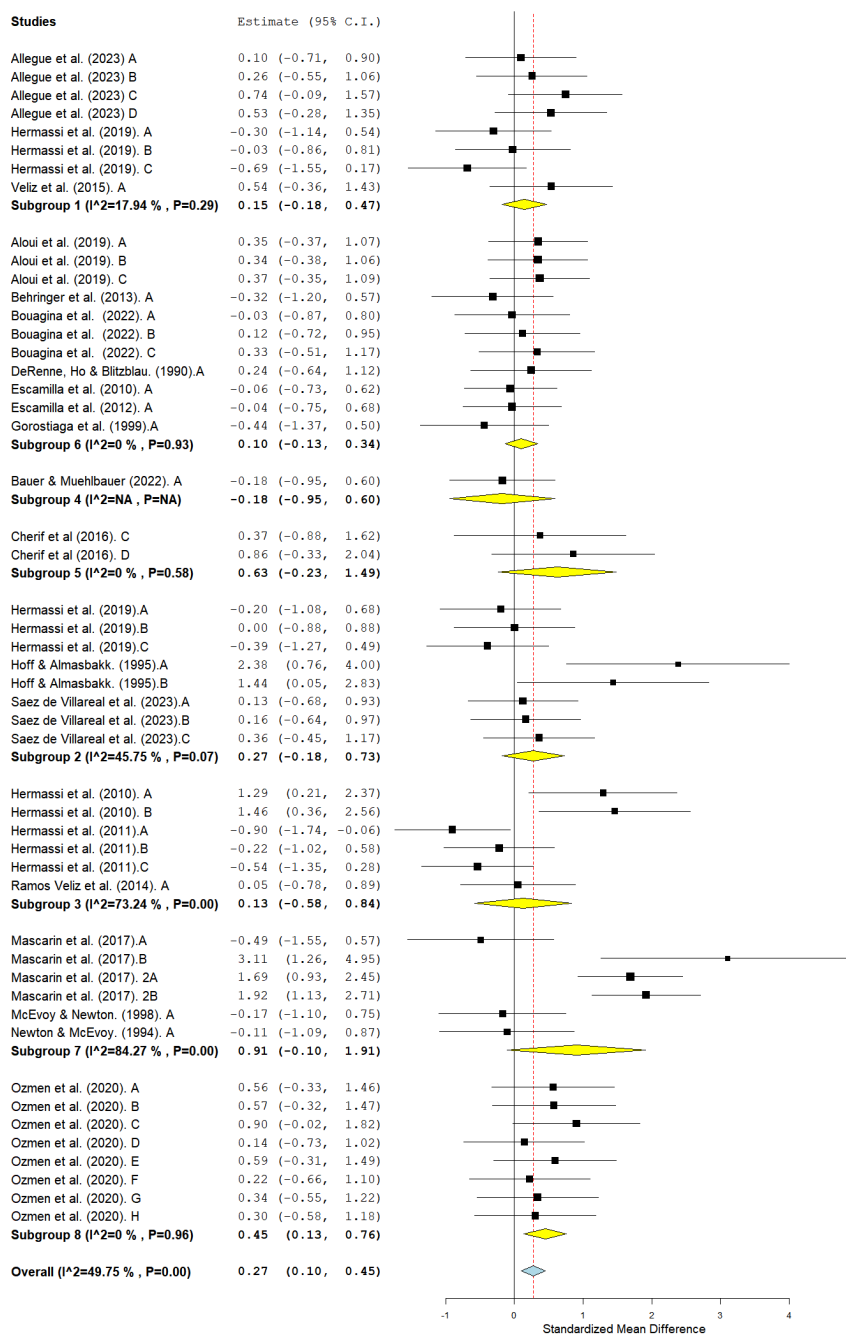


Figura 16. Gráfico Forest Plot según nivel deportivo de los participantes. Grupo control

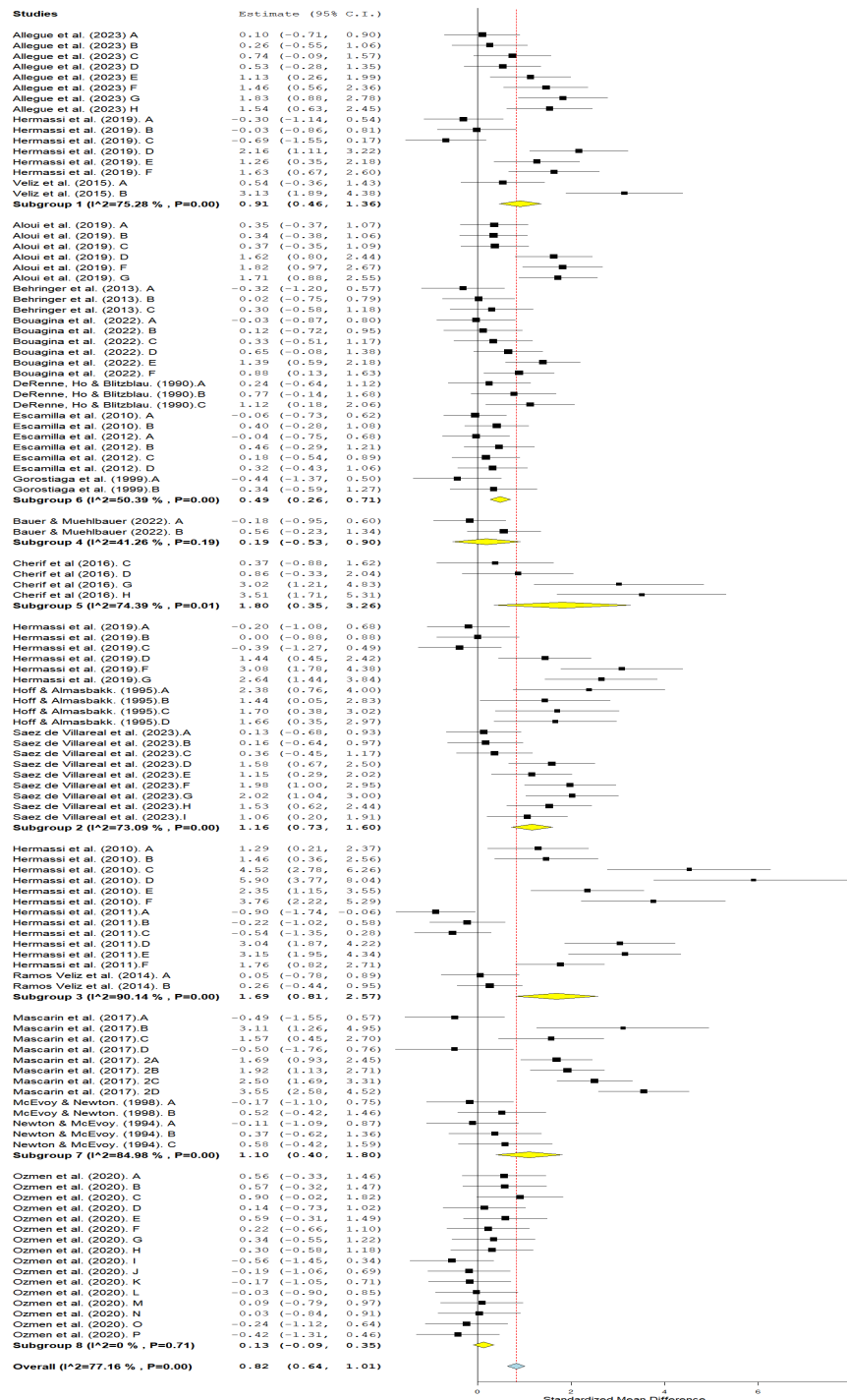


Figura 17. Gráfico Forest Plot según nivel deportivo de los participantes. Global

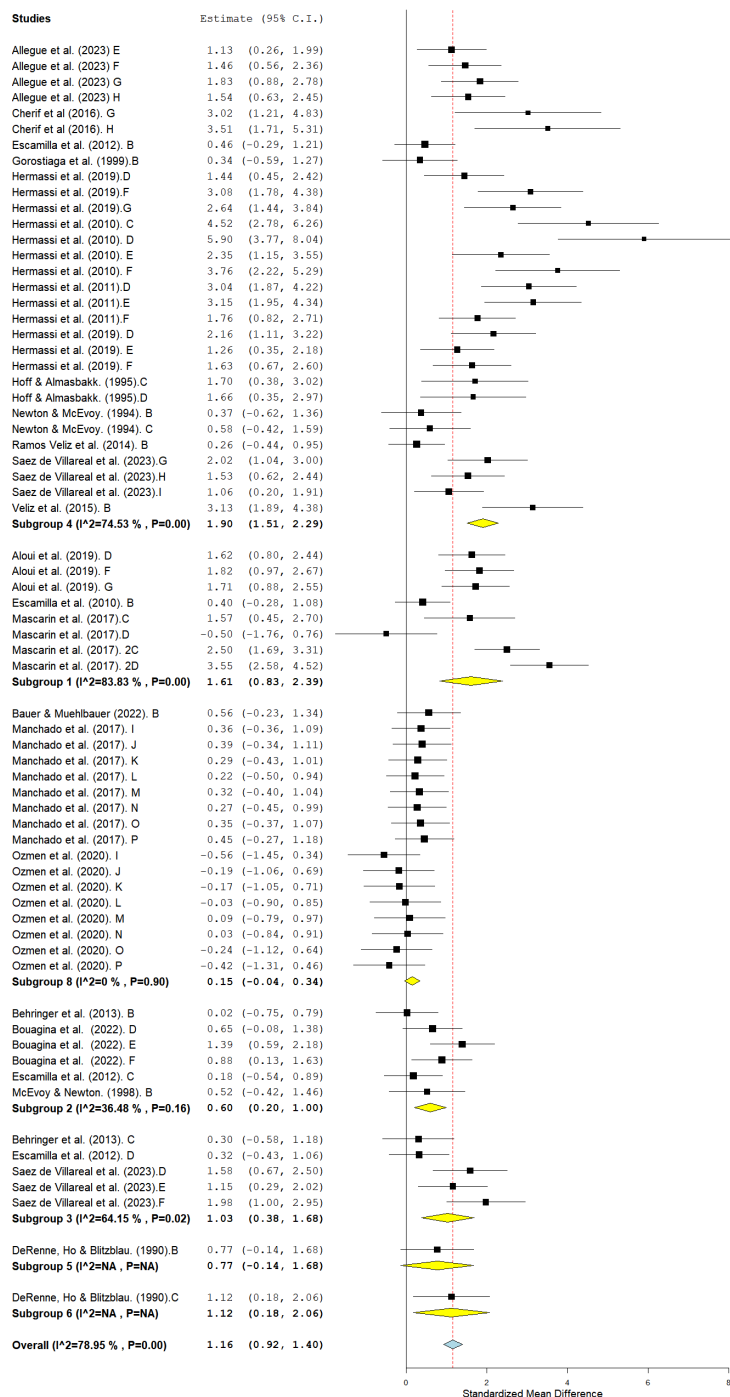


Figura 18. Gráfico Forest Plot según modalidad de ECR. Grupo experimental

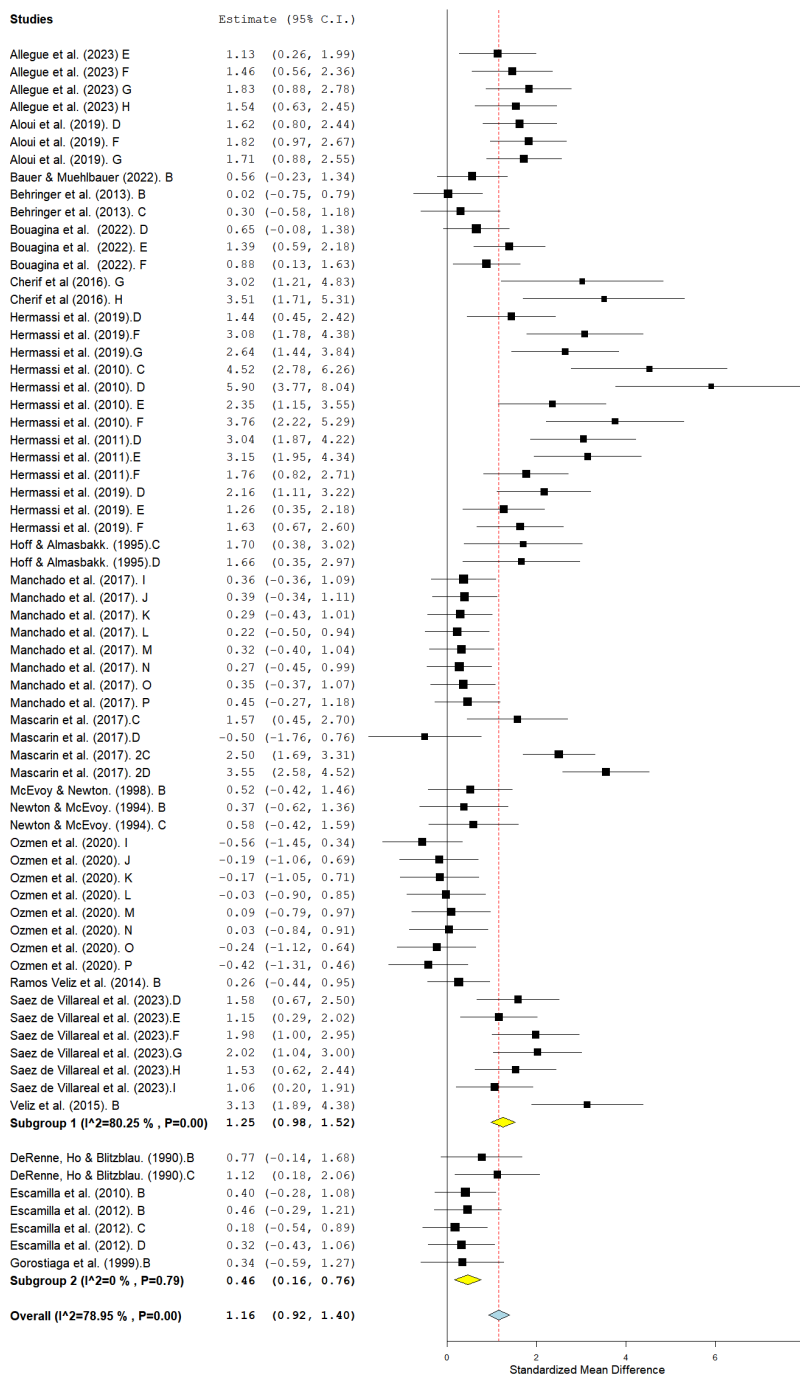


Figura 19. Gráfico Forest Plot según manejo de la carga. Grupo experimental

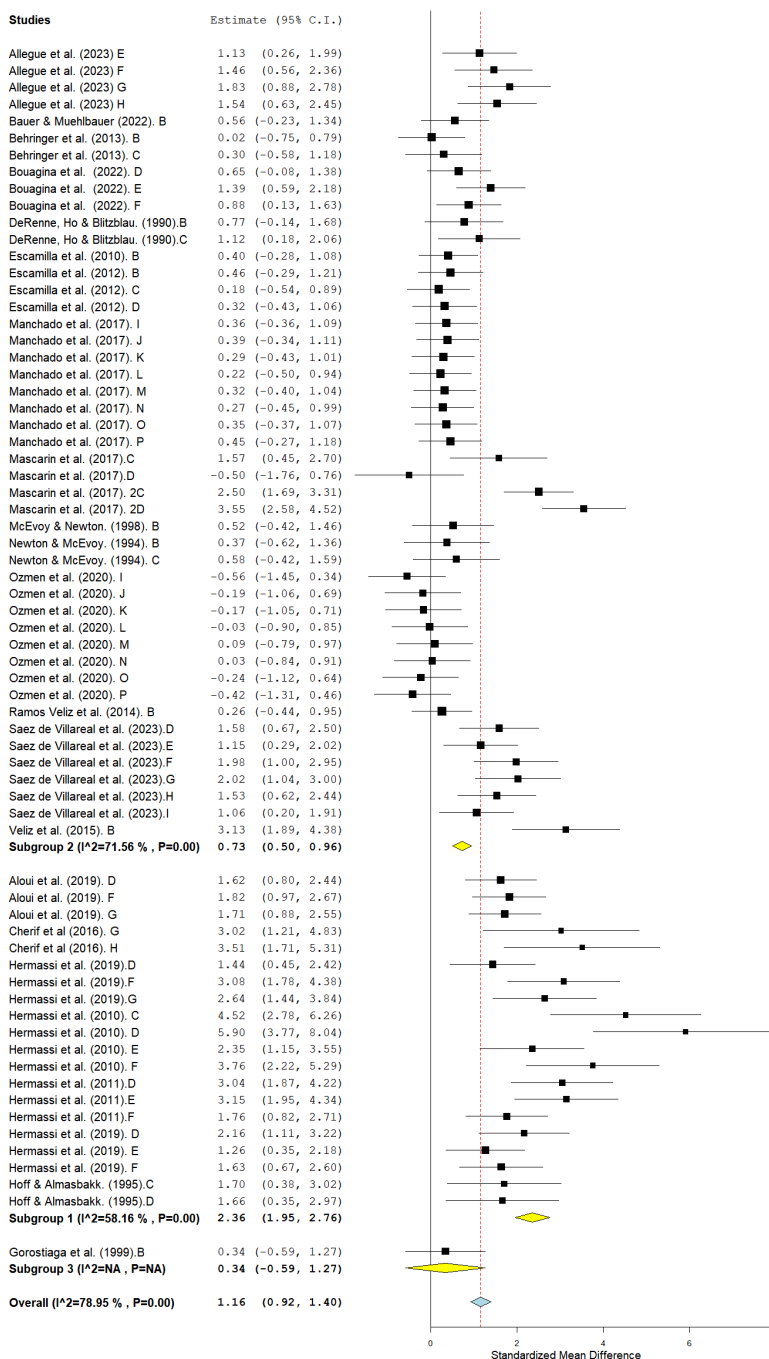


Figura 20. Gráfico Forest Plot según método de medición de la velocidad de LEH. Grupo experimental

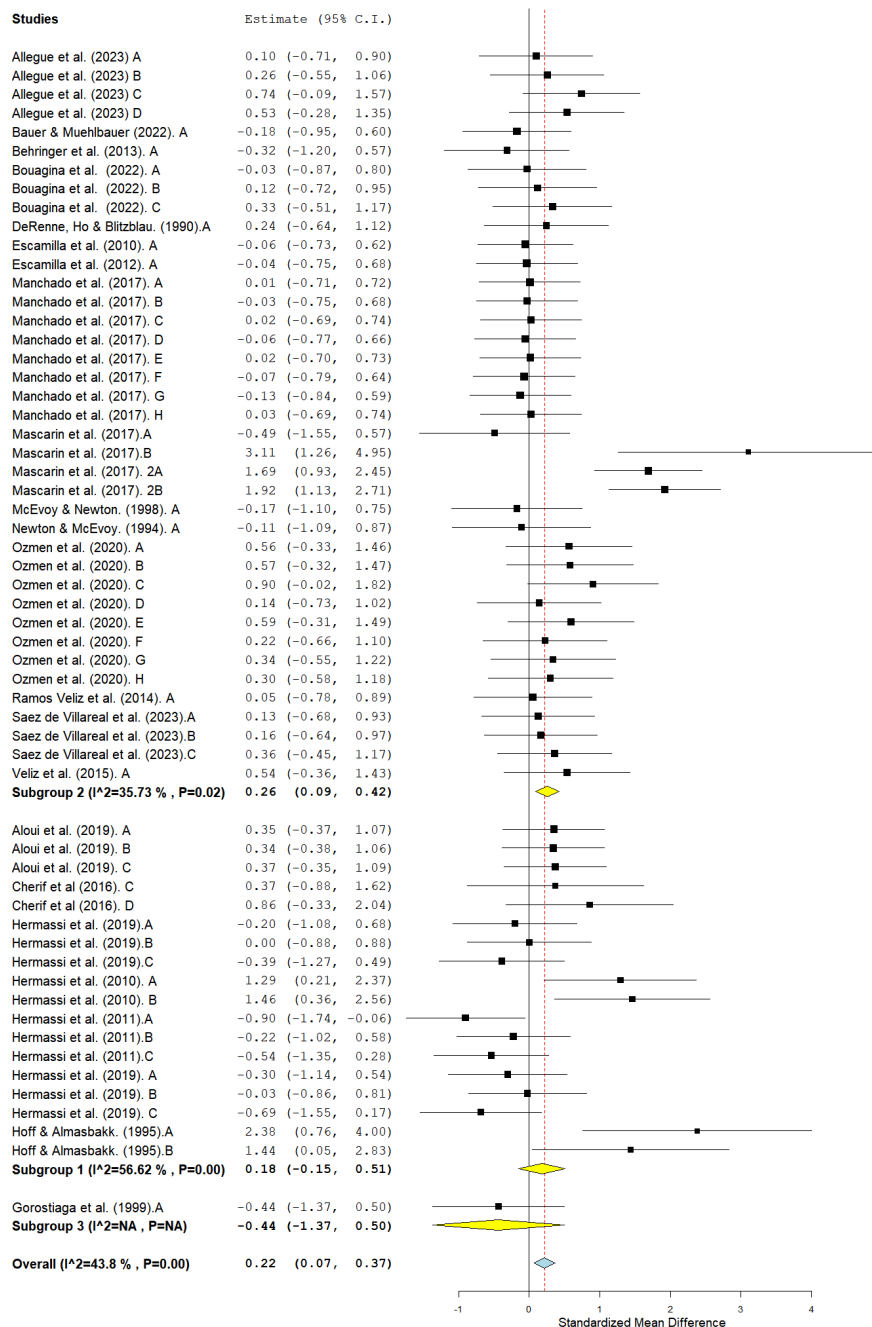


Figura 21. Gráfico Forest Plot según método de medición de la velocidad de LEH. Grupo control

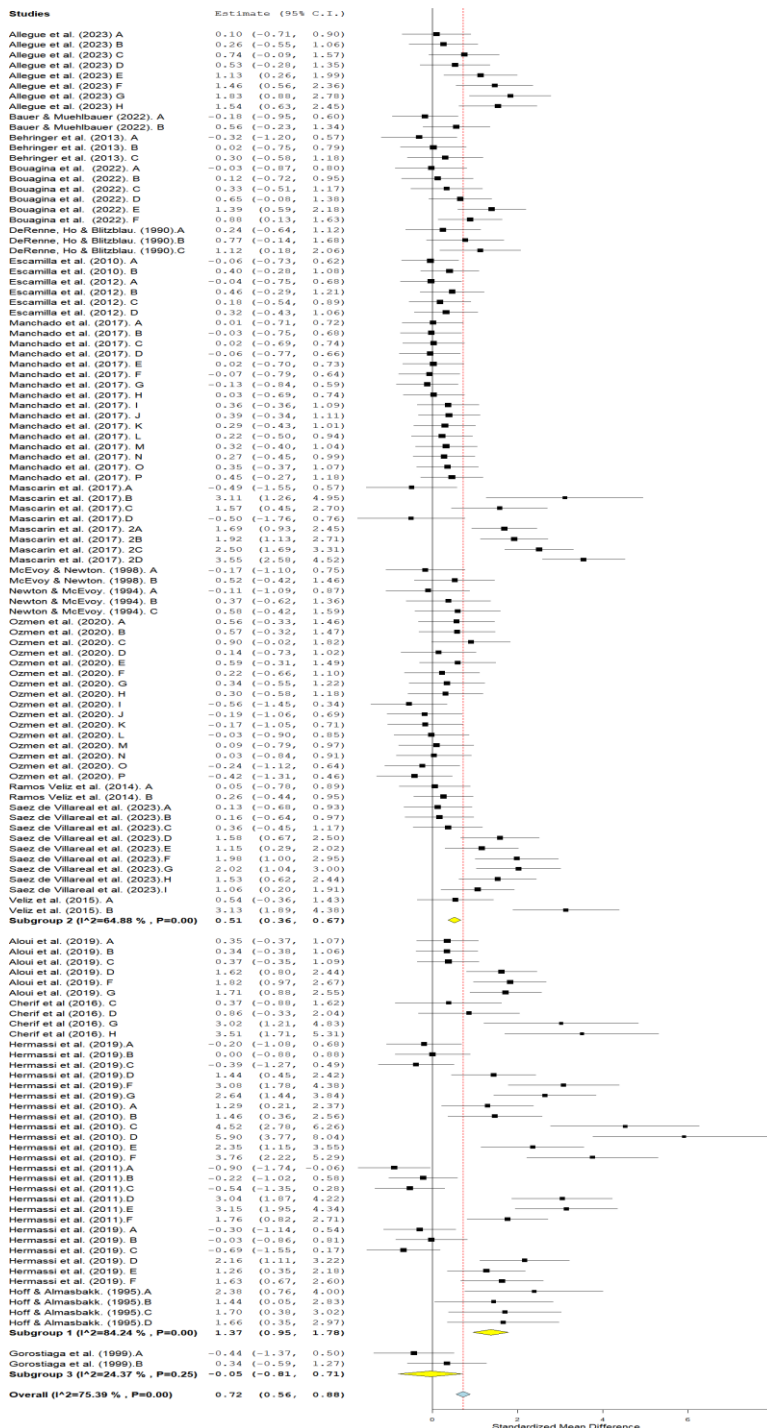


Figura 22. Gráfico Forest Plot según método de medición de la velocidad de LEH. Global

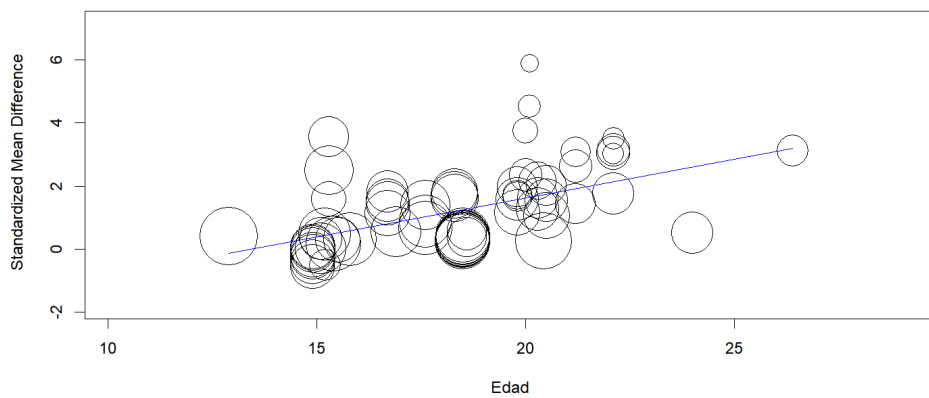


Figura 23. Gráfico de regresión lineal para edad. Grupo experimental

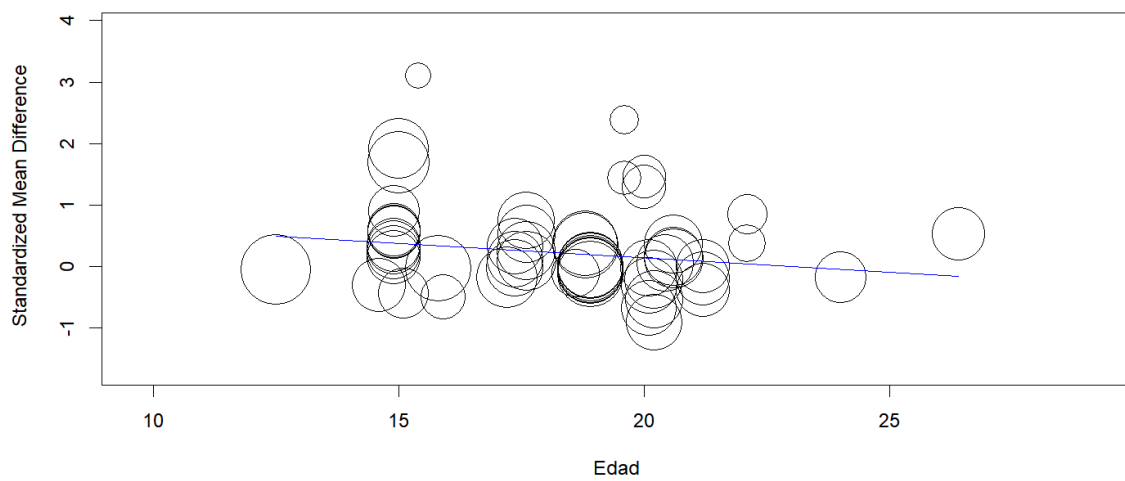
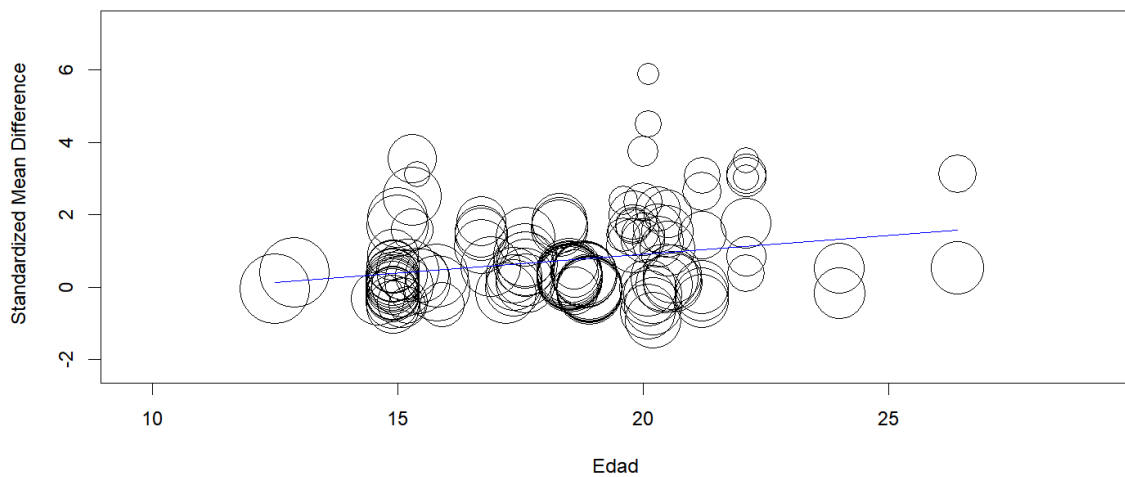
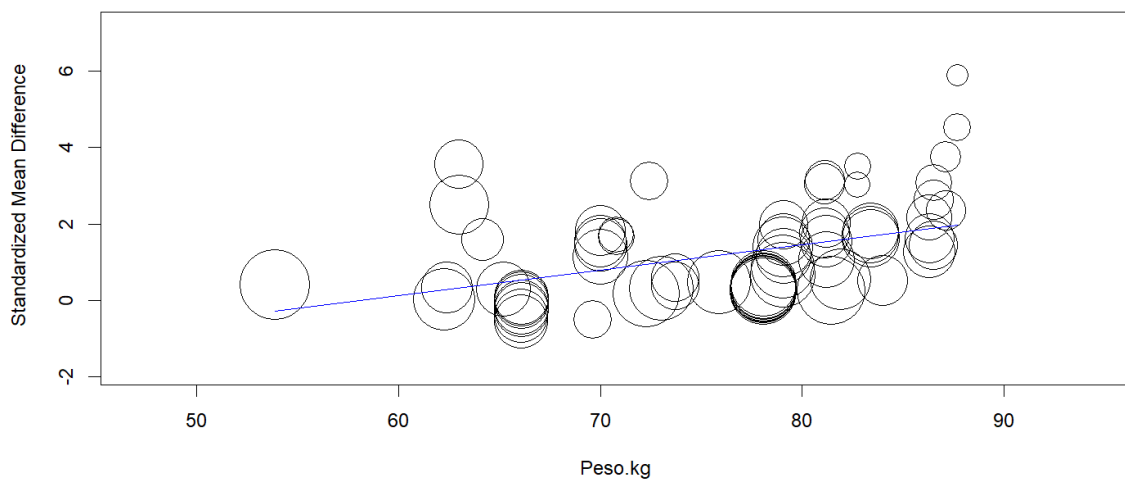


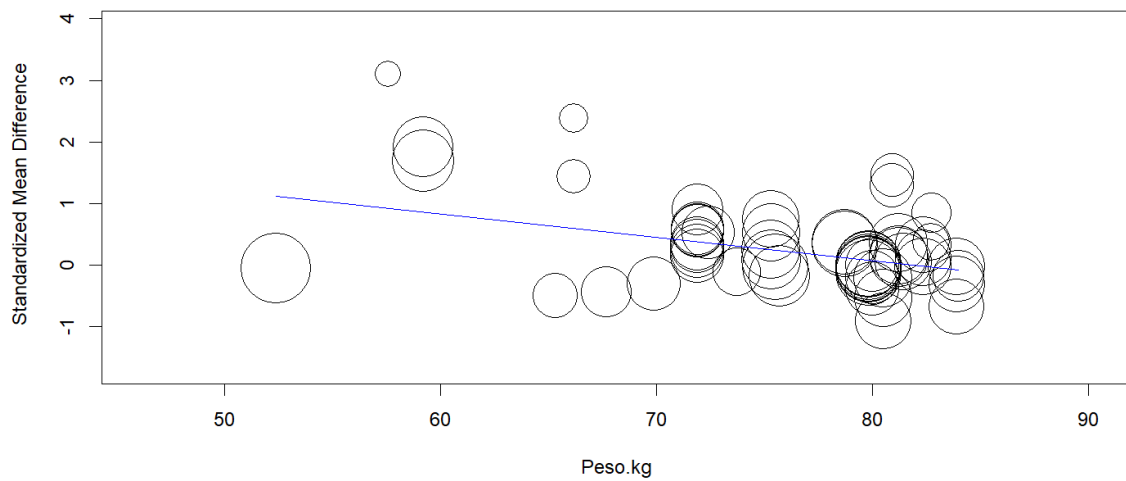
Figura 24. Gráfico de regresión lineal para edad. Grupo control



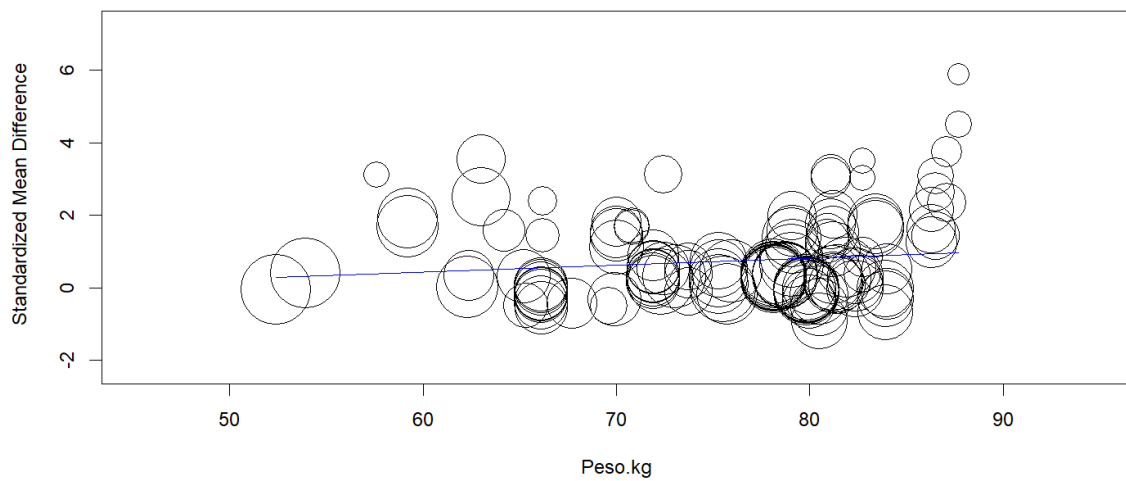
*Figura 25. Gráfico de regresión lineal para edad. Global*



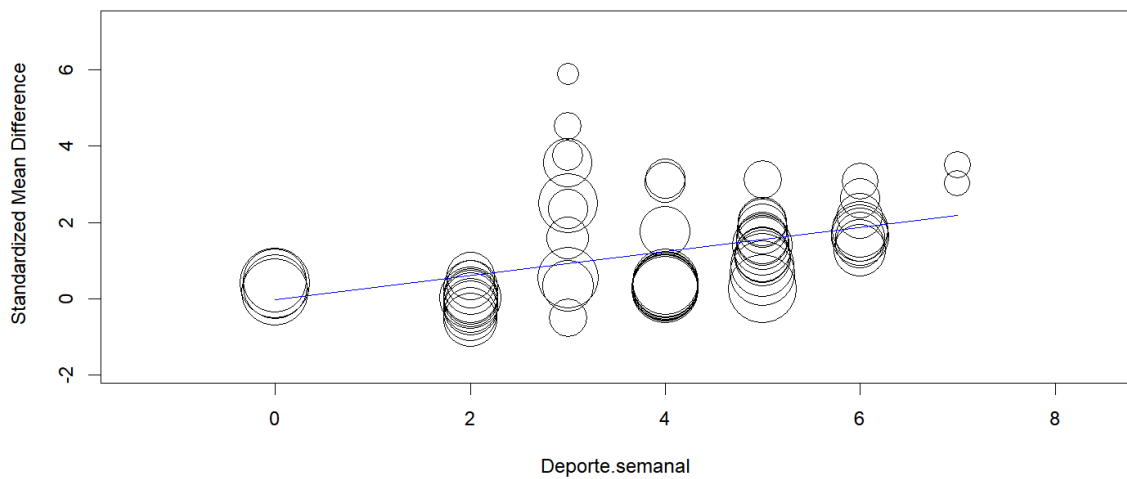
*Figura 26. Gráfico de regresión lineal para peso. Grupo experimental*



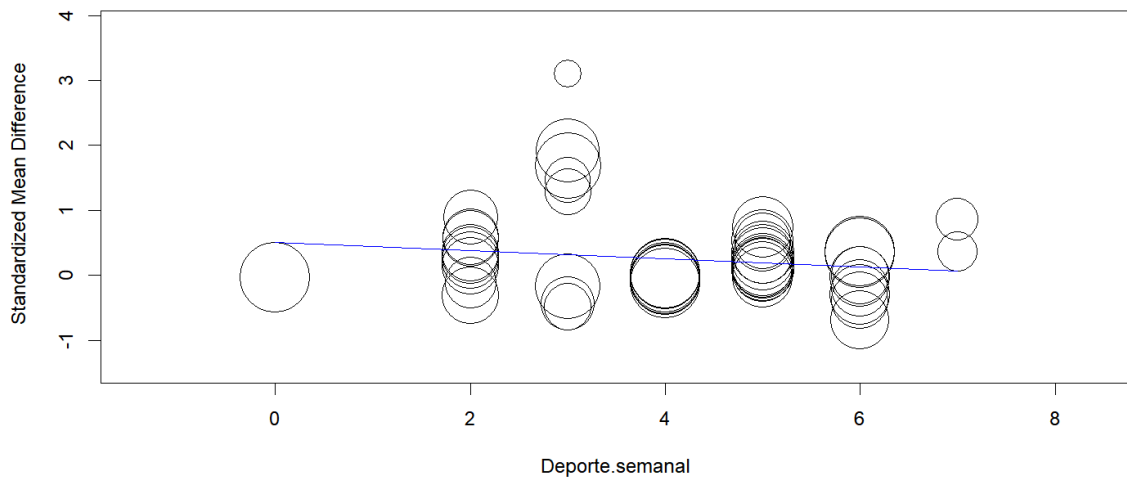
*Figura 27. Gráfico de regresión lineal para peso. Grupo control*



*Figura 28. Gráfico de regresión lineal para peso. Global*



*Figura 29. Gráfico de regresión lineal - cantidad de sesiones del deporte por semana. Grupo experimental*



*Figura 30. Gráfico de regresión lineal - cantidad de sesiones del deporte por semana. Grupo control*

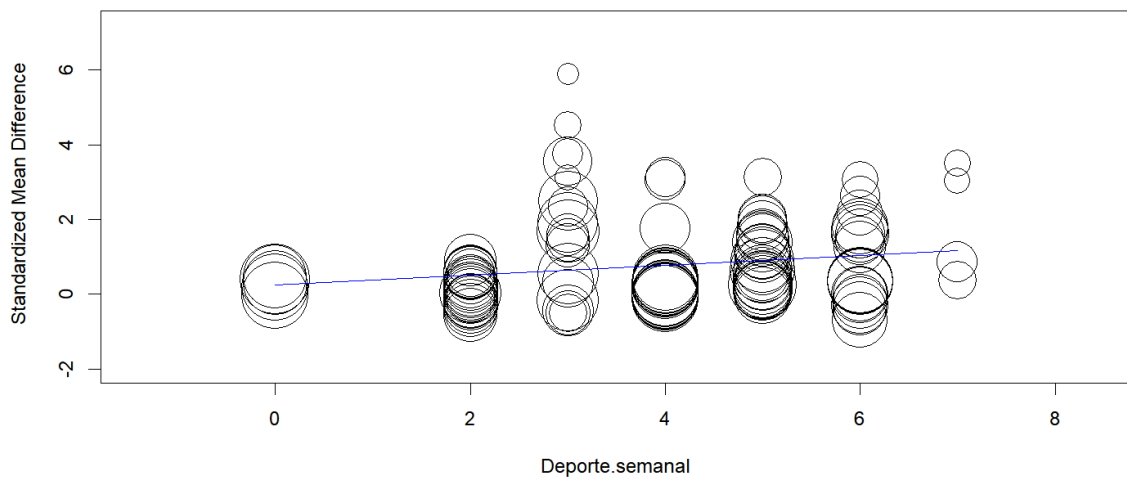


Figura 31. Gráfico de regresión lineal - cantidad de sesiones del deporte por semana. Global

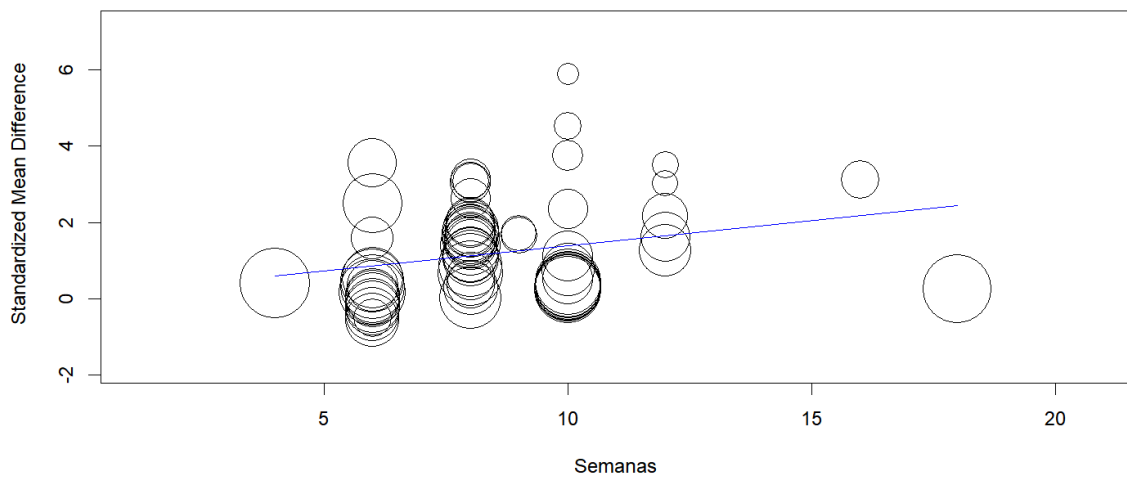


Figura 32. Gráfico de regresión lineal - cantidad de semanas de la intervención.

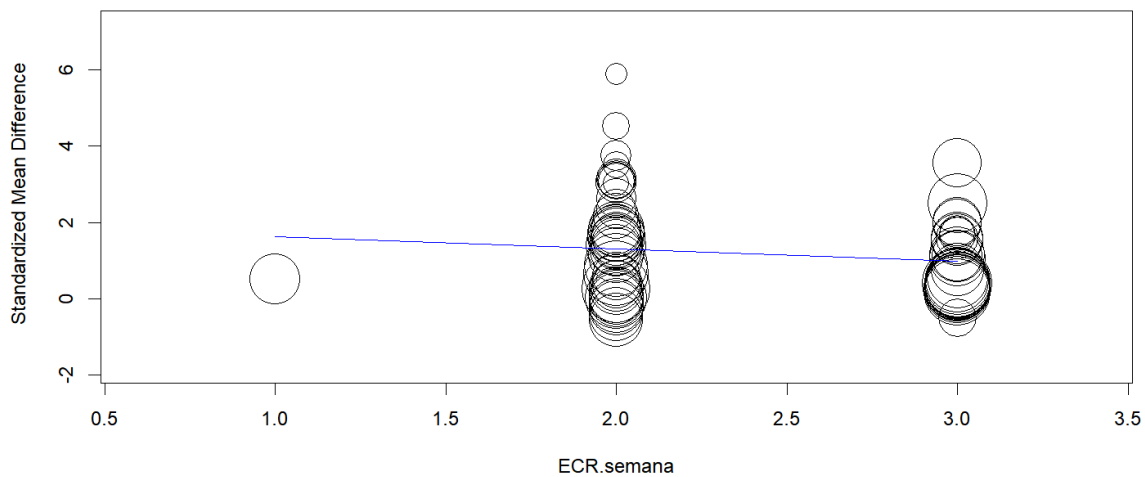


Figura 33. Gráfico de regresión lineal - cantidad de sesiones de ECR por semana.

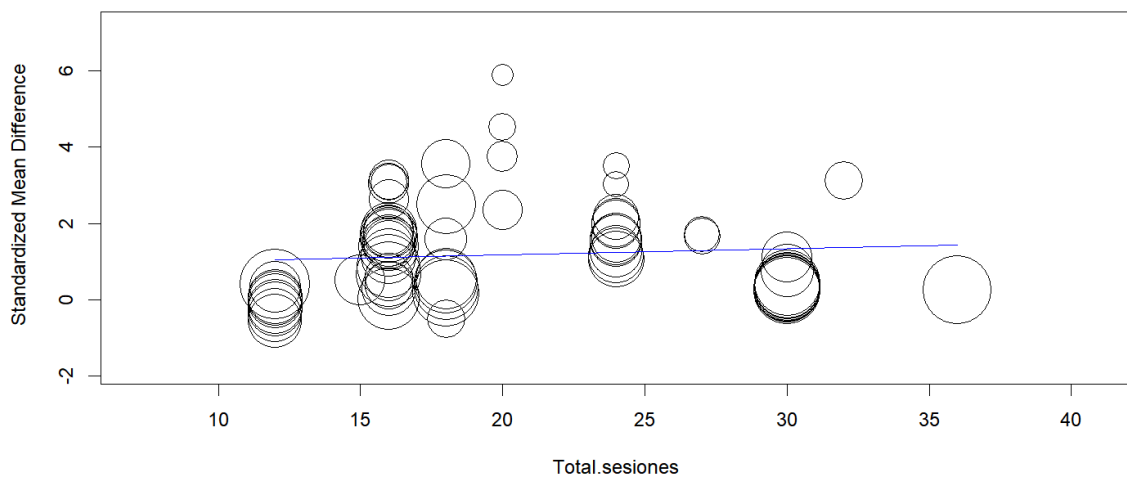


Figura 34. Gráfico de regresión lineal - cantidad de sesiones de ECR totales.

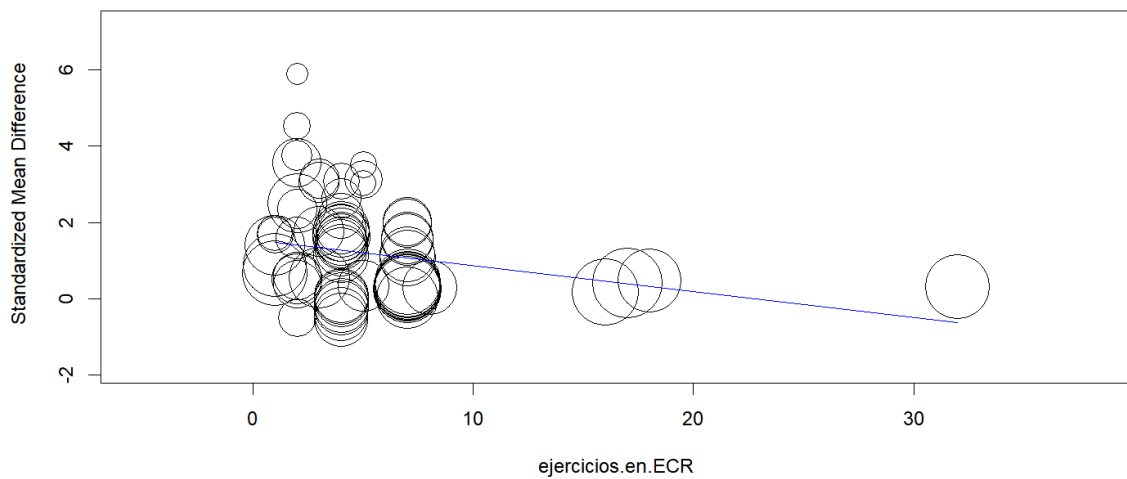


Figura 35. Gráfico de regresión lineal - cantidad de ejercicios por sesión.

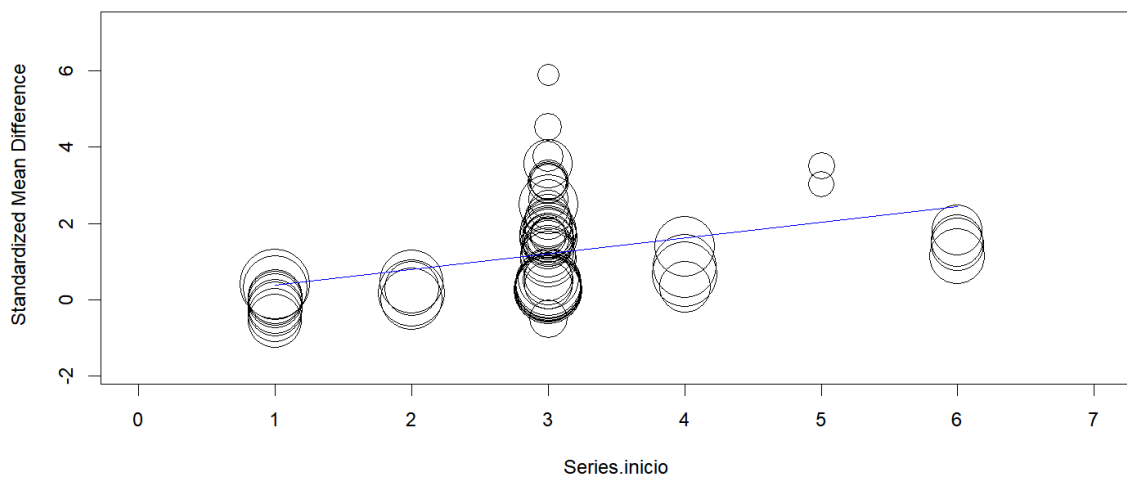


Figura 36. Gráfico de regresión lineal - cantidad de series al inicio del tratamiento

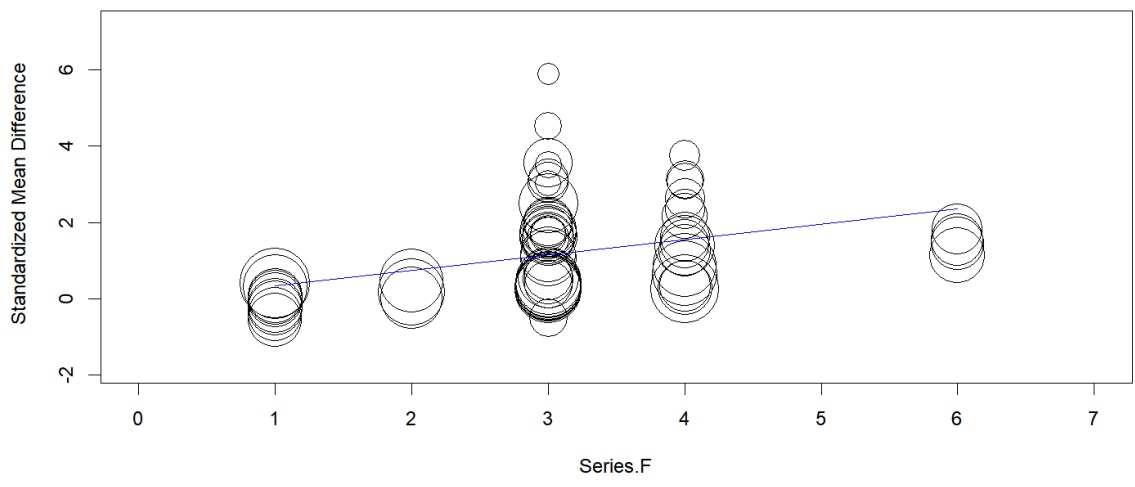


Figura 37. Gráfico de regresión lineal - cantidad de series al final del tratamiento

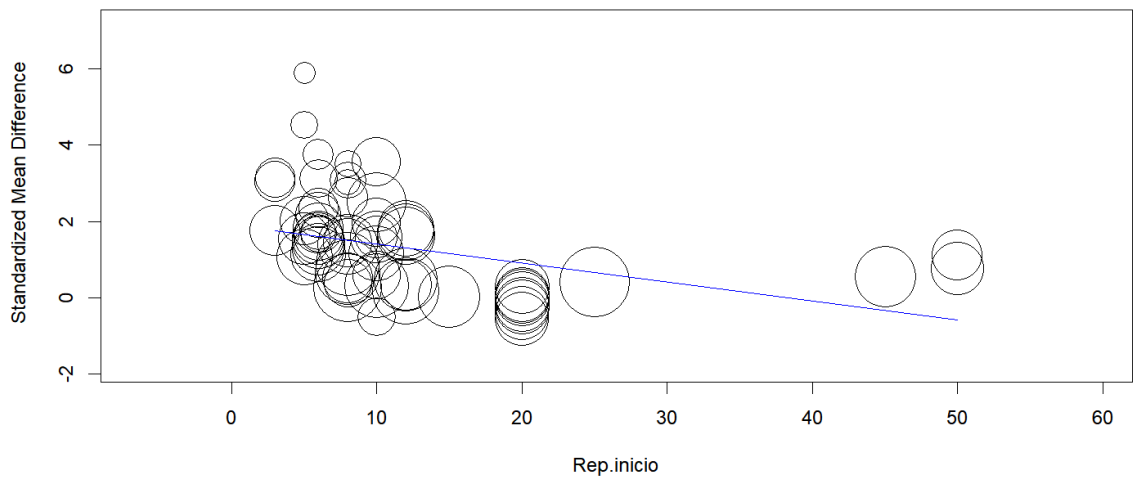


Figura 38. Gráfico de regresión lineal - cantidad de repeticiones al inicio del tratamiento

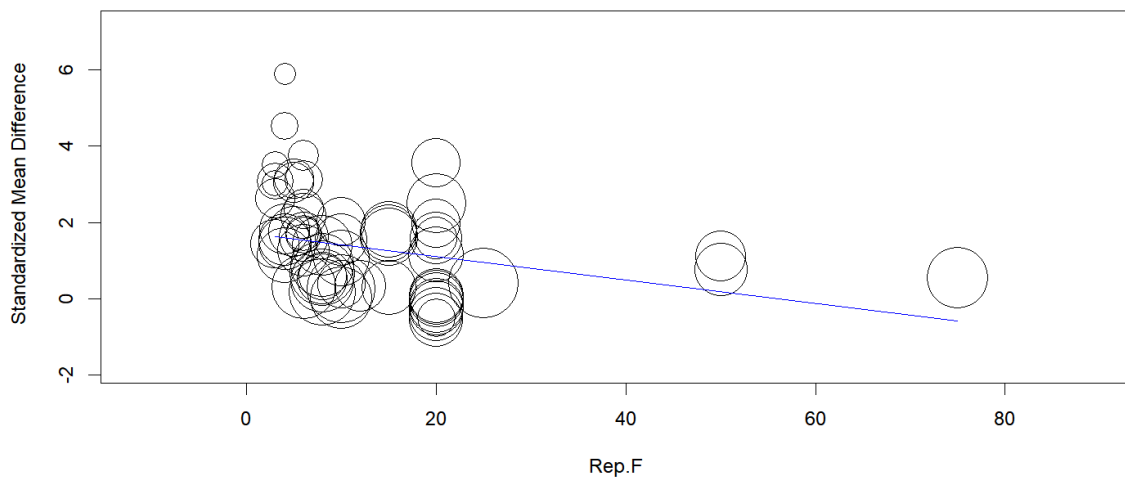


Figura 39. Gráfico de regresión lineal - cantidad de repeticiones al final del tratamiento

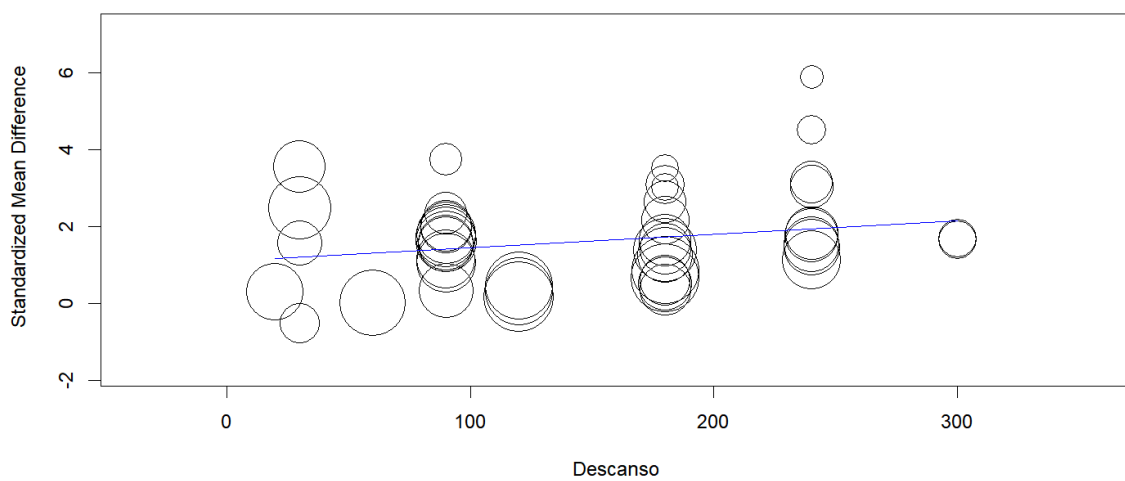
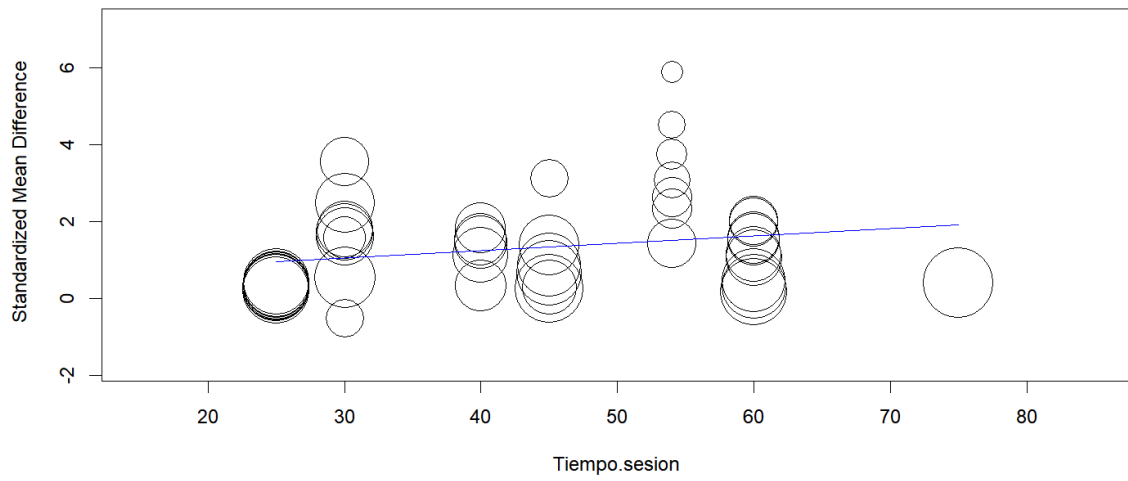


Figura 40. Gráfico de regresión lineal - tiempo de descanso (s) entre series



### **Producción académica durante el programa de posgrado**

#### A. Publicaciones en revistas científicas (acceso libre)

Guillén, L. M., & Fonseca, A. S. (2019). Efecto de la vibración de cuerpo completo sobre la altura de salto en jugadores de balonmano. *Revista Internacional de Deportes Colectivos*, (38), 44-53.

Guillén, L. M., & Fonseca, A. S. (2016). Efecto de dos metodologías de enseñanza en la agilidad de carrera de estudiantes universitarios costarricenses. *Revista Internacional de Deportes Colectivos*, (26), 77-88.

#### B. Publicación de resúmenes/abstracts en revistas científicas

Marín-Guillén, L., & Salicetti-Fonseca, A. (2017). Effect of Plyometrics and Whole Body Vibration on Vertical Jump Height: A Meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 49(5S), 624-625.

REVISTA INTERNACIONAL DE DEPORTES  
COLECTIVOS



**EFFECTO DE DOS METODOLOGÍAS DE ENSEÑANZA EN LA AGILIDAD DE CARRERA  
DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS COSTARRICENSES**  
**EFFECT OF TWO TEACHING METHODOLOGIES ON RUNNING AGILITY OF COSTA  
RICAN COLLEGE STUDENTS**

Lucia Marín Guillén<sup>1</sup>, Alejandro Salicetti Fonseca<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Costa Rica. E-mail: lucia.maringuillen@yahoo.com.

RESUMEN	ABSTRACT
<p>El propósito del estudio fue comparar el efecto de dos metodologías de enseñanza en la agilidad de carrera de estudiantes universitarios. Participaron 17 sujetos divididos en dos grupos: metodología global (n: 8, edad 18.6 ± 1.4 años, IMC: 22.6 ± 3.4 kg/m<sup>2</sup>) y metodología analítica (n: 9, edad: 18.9 ± 1.4 años, IMC: 20.7 ± 2.2 kg/m<sup>2</sup>). Luego de 6 semanas de trabajo, ambos grupos mejoraron la agilidad de carrera (p = 0.02), no se presentaron diferencias entre metodologías (p = 0.40) ni interacción entre metodologías y mediciones (p = 0.78). En conclusión, ambas metodologías fueron efectivas para la mejora de la agilidad de carrera en los participantes.</p> <p><b>PALABRAS CLAVE:</b> agilidad de carrera, metodología, enseñanza.</p>	<p>The aim of the study was to compare the effect of two teaching methodologies on the running agility of college students. Seventeen subjects divided into two groups: global methodology (n: 8, age 18.6 ± 1.4 years, BMI 22.6 ± 3.4 kg / m<sup>2</sup>) and analytical methodology (n = 9, age: 18.9 ± 1.4 years, BMI: 20.7 ± 2.2 kg / m<sup>2</sup>) joined this study. After 6 weeks of work, both groups improved agility (p = 0.02); no difference between methodologies (p = 0.40) or methodologies and measurement interaction (p = 0.78) was found. In conclusion, both methods improved running agility effectively.</p> <p><b>KEYWORDS:</b> running agility, methodology, sport teaching.</p>



**EFFECTO DE LA VIBRACIÓN DE CUERPO COMPLETO SOBRE LA ALTURA DE SALTO  
EN JUGADORES DE BALONMANO**  
**EFFECT OF FULL BODY VIBRATION ON THE JUMP HEIGHT OF HANDBALL PLAYERS**

Lucía Marín Guillén<sup>1</sup>, Alejandro Salicetti Fonseca<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Costa Rica San José, Costa Rica. E-mail: Alejandro.salicetti@ucr.ac.cr

RESUMEN	ABSTRACT
<p>El propósito del estudio fue determinar el efecto del entrenamiento de vibración de cuerpo completo en la altura de salto de jugadores de balonmano. Participaron 17 jugadores de balonmano de primera división, repartidos en dos grupos: grupo control (n: 9, edad: 24.33 ± 7.87 años, IMC: 26.03 ± 4.41 Kg/m<sup>2</sup>) y grupo de vibración de cuerpo completo (n: 8, edad: 20.13 ± 1.55 años, IMC: 26.31 ± 3.91 Kg/m<sup>2</sup>). Se aplicó vibración de cuerpo completo con 2 sesiones semanales, durante 6 semanas con frecuencias desde los 10 hasta los 50 Hz. No se presentó mejoría en ninguno de los 3 saltos evaluados (SJ, CMJ, CMJA). En conclusión, la vibración de cuerpo completo no representó un método efectivo en el aumento de la altura de salto en estos jugadores.</p> <p><b>PALABRAS CLAVE:</b> vibración de cuerpo completo, salto, balonmano.</p>	<p>The purpose of the study was to determine the effect of whole body vibration (WBV) training on the jump height of handball players. 17 male players from the first division were distributed in 2 groups: control group (n: 9, age: 24.33 ± 7.87 years, BMI: 26.03 ± 4.41 Kg/m<sup>2</sup>) and experimental group (n: 8, age: 20.13 ± 1.55 years, BMI: 26.31 ± 3.91 Kg/m<sup>2</sup>). WBV was applied twice per week during 6 weeks and the frequencies went from 10 to 50 Hz. There was no significant improvement in height in none of the 3 jumps measured (SJ, CMJ, CMJA). In conclusion, WBV did not represent an effective method to improve the jump height for these players.</p> <p><b>KEYWORDS:</b> whole body vibration, jump, handball.</p>

---

2234 Board #247 June 1 2:00 PM - 3:30 PM  
Effect of Plyometrics and Whole Body Vibration on Vertical Jump Height: A Meta-analysis  
Lucía Marín-Guillén, Alejandro Salicetti-Fonseca. *University of Costa Rica, San José, Costa Rica.*  
Email: lucia.maringuillen@yahoo.com  
(No relationships reported)

624

---

Copyright © 2017 by the American College of Sports Medicine. Unauthorized reproduction of this article is prohibited.

---

**PURPOSE:** the purpose of the study was to analyze the effect of plyometric and whole body vibration training methods on vertical jump height in athletes.  
**METHODS:** A meta-analysis was performed where the inclusion criteria for the studies were: (a) only athletic population, (b) active control group, (c) only one experimental intervention, (d) statistical data necessary to calculate effect sizes (ES). Hedge's standardized mean difference ES was calculated for each result; then, ESs pooled using random-effects models. On-overlapping 95% confidence intervals (CI<sub>95%</sub>) were considered statistically significant. Heterogeneity was assessed using Q and I<sup>2</sup>, while funnel plots and Egger's regression test were used to assess small-study effects (potential bias).  
**RESULTS:** One hundred and fifteen effect sizes were calculated from 36 studies. Global effect sizes (ES) were statistically different from zero in both training methods. Plyometric training had an ES = 1.046 (CI<sub>95%</sub> = 0.82 to 1.27, p < 0.001) and the control group an ES = 0.032 (CI<sub>95%</sub> = -0.12 to 0.18, p = 0.73). The ES for the experimental group in the whole body vibration training method was 0.652 (CI<sub>95%</sub> = -0.3 to 1.0, p = 0.001) and the control group an ES = 0.038 (CI<sub>95%</sub> = -0.3 to 1.0, p = 0.75). ESs were correlated to age (r = 0.454, p = 0.002), number of weeks of training (r = 0.309, p = 0.039), final number of sessions per week (r = 0.348, p = 0.019), final duration of sessions (r = 0.619, p = 0.014), initial series of exercises (r = 0.572, p = < 0.001), final series of exercises (r = 0.601, p = < 0.001) and initial number of jumps per session (r = 0.633, p = 0.027) in the plyometric experimental method. No significant associations between ESs and moderator variables were observed in the whole body vibration method.  
**CONCLUSIONS:** The overall results showed a statistically significant improvement on the vertical jump height of athletes when plyometrics or whole body vibration were used as training methods.