

Efectos del entrenamiento con sobrecarga excéntrica para la mejora de la amplitud del movimiento y del salto vertical en el rendimiento de la gimnasia aeróbica competitiva

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Alumna: Kimberly Lopez de Arechaga Biallosterski

Director: Dr. Adrián García Fresneda

TRABAJO FINAL DE GRADO DE CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

2022-2023



Centre universitari adscrit a la



Universidad Tecnocampus Mataró, centro adscrito a Pompeu Fabra.

En Arrasate Mondragón, el 14 de mayo de 2023

Índice de contenidos

Índice de tablas	0
Índice de figuras	0
Listado de abreviaturas	1
Resumen	2
Palabras clave	3
Abstract	3
Keywords	4
Introducción	5
Justificación del estudio	7
Hipótesis	8
Objetivos.....	8
Objetivo principal	8
Objetivos secundarios	8
Metodología	9
Diseño del estudio.....	9
Población y muestra	9
Asignación de los individuos a los grupos de estudio	10
Variables de estudio	10
Instrumentos utilizados para la medida de los parámetros	11
Descripción del procedimiento de las valoraciones	14
Procedimiento	15
Análisis estadístico.....	20
Consideraciones éticas	20
Cronograma.....	21

Presupuesto.....	22
Limitaciones y prospectiva	23
Referencias	25
Anexos	34
Anexo I. Aclaración del ECSE y los dispositivos YoYo™ y polea cónica.....	34
Anexo II. Declaración de consentimiento o asentimiento informados	35
Anexo III. Tests para la valoración del salto vertical	38
Anexo IV. Tests para la valoración de la ADM	39
Anexo V. Ejercicios del ECSE con polea cónica.....	40

Índice de tablas

Tabla 1. Presupuesto aproximado	23
Tabla 2. Fuentes de obtención de precios	23

Índice de figuras

Figura 1. Representación gráfica de la ejecución de un CMJ.....	11
Figura 2. Representación gráfica de la ejecución del salto Abalakov	11
Figura 3. Ejemplo de resultados del test AG II.....	12
Figura 4. Realización de un split jump con apertura (ADM) de 182,8º.	13
Figura 5. Realización de un split con apertura (ADM) de 177, 1ºº.....	13
Figura 6. Proceso de seguimiento de la intervención.....	14
Figura 7. Orden de las sesiones de valoración	15
Figura 8. Resumen del proceso de intervención	16
Figura 9. Esquema de la sesión de entrenamiento.	16
Figura 10. Extensión de cadera con rodillas extendidas en bipedestación (A); flexión de cadera con rodilla flexionada en bipedestación sobre cajón (B).	17
Figura 11. Extensión de cadera en decúbito supino (catapult).	18
Figura 12. Polea cónica Pulley PRO C3 con el Encoder rotatorio de Chronojump.	18
Figura 13. Representación gráfica de una serie de 16 repeticiones con dispositivo inercial en Chronojump.	19
Figura 14. Consentimiento informado, parte 1.	36
Figura 15. Consentimiento informado, parte 2.	37
Figura 16. Revocación del consentimiento informado.	38
Figura 17. Análisis del perfil de F con Chronojump	39

Listado de abreviaturas

GA: Gimnasia aeróbica

FIG: Federación Internacional de Gimnasia

EEII: Extremidades inferiores

F: Fuerza

V: Velocidad

P: Potencia

CEA: Ciclo estiramiento-acortamiento

ECSE: Entrenamiento de F con sobrecarga excéntrica

CMJ: Salto con contramovimiento

SJ: Squat jump

ADM: Amplitud de movimiento

GI: Grupo de intervención

GC: Grupo control

PC: Ordenador portátil

r: Revisor

A: Autora

E1: Entrenadora del club Arrasate Dragoi

E2: Entrenadora del club Biribildu

Resumen

La gimnasia aeróbica (GA) es una disciplina no olímpica que está en creciente desarrollo. En su práctica predominan las acciones de resistencia y potencia anaeróbica, sobre todo saltos y lanzamientos. La fuerza (F) y la potencia (P), en concreto de los flexores de la cadera y de las extremidades inferiores (EEII), y la flexibilidad de cadera, EEII y lumbar son cruciales para un buen desempeño. En los estudios publicados sobre la GA no hay evidencias en cuanto a la metodología aplicada para la mejora del rendimiento, y menos aún referente al entrenamiento de flexibilidad y de F.

Objetivo: Examinar si en comparación con el entrenamiento habitual el entrenamiento de F con sobrecarga excéntrica (ECSE) mejora la amplitud de movimiento (ADM) de las EEII y cadera en el plano sagital y el salto vertical en el rendimiento de la GA competitiva, observar si existen diferencias entre gimnastas experimentadas y no experimentadas en su aplicación, y proporcionar un método de entrenamiento que permita optimizar las horas de entrenamiento de las que dispone un/a gimnasta, que habitualmente son limitadas.

Metodología: Es un ensayo clínico controlado no aleatorizado de 3 meses de duración, donde 40 gimnastas femeninas de 12-20 años realizarán el entrenamiento habitual con una frecuencia de 3 sesiones semanales y 20 de ellas, las del grupo de intervención (GI), añadirán el ECSE con una frecuencia de 2 sesiones semanales, mediante la realización de dos ejercicios con polea cónica.

Variables y evaluación: Se analizarán el salto vertical (altura alcanzada, tiempo de impulso y P) y la ADM de EEII y cadera en plano sagital de forma pasiva y activa, antes de iniciar con la intervención, a las 6 semanas, a los tres meses, y 3 meses después de finalizar la intervención, para valorar los efectos a largo plazo. Para las mediciones se harán servir dos plataformas de contacto de Chronojump (una para los saltos CMJ y Abalakov y otra para el test AG II de rutinas modificadas de GA) con su respectivo programa en el ordenador portátil (PC), y una cámara de vídeo para realizar las capturas en split y split jump, que después se pasarán al programa Kinovea versión 0.9.5 para el análisis de la ADM.

Los resultados se obtendrán de los análisis descriptivo e inferencial llevados a cabo con el programa gratuito Jamovi versión 2.3.26.

Resultados esperados: Se espera que el grupo que realice el ECSE obtenga mayores mejoras de rendimiento en cuanto al salto vertical y a la flexibilidad de EEII y cadera en plano sagital respecto al grupo control (GC). Se espera que además existan diferencias entre gimnastas experimentadas y no experimentadas, que las mejoras sean tan marcadas como para proporcionar un método novedoso de entrenamiento que permita

optimizar las horas de entrenamiento de las que dispone un gimnasta, un grupo de gimnastas o un club en general, y que tal vez en un futuro pueda servir también como método para la prevención de lesiones.

Palabras clave

Potencia del salto vertical, rango del movimiento articular en split, espagat, split jump, sobrecarga excéntrica con polea cónica.

Abstract

Aerobic gymnastics is a non-Olympic discipline which is in evolution. In his practice, predominate resistance and anaerobic power actions like jumps and high kicks. Strength and power, specifically of the hip flexors and lower extremities, and hip, lower extremities, and lumbar flexibility are crucial for good performance. Most of the published studies on aerobic gymnastics mention the determining physical capacities, but regarding flexibility and resistance training there isn't enough evidence or studies regarding the methodology applied to improve performance.

Objective: To see if, compared to usual training, resistance training with eccentric overload (EO) improves the range of motion (ROM) of the lower extremities and hip in the sagittal plane and the vertical jump in the performance of competitive aerobic gymnastics. Also, to find out if there are differences between experienced and inexperienced gymnasts in its application, and to provide a training method that allows optimizing the time available for training, which is usually limited.

Methodology: It is a non-randomized controlled clinical trial of 3 months duration, where 40 female gymnasts aged 12-20 will carry out the usual training with a frequency of 3 weekly sessions and 20 of them, those of the intervention group, will add the ECSE with a frequency of 2 weekly sessions, by performing two exercises with the conical pulley.

Variables and evaluation: The vertical jump performance (height, impulse time and power) and the ROM of the lower extremities and hip in the sagittal plane (passive and active) will be assessed, before starting the intervention, after 6 weeks, after 3 months, and 3 months after the end of the intervention, to assess the long-term effects. For the measurements, two Chronojump contact platforms will be used (one for the CMJ and Abalakov and the other for the AG II test of modified aerobic gymnastics routines) with its respective program on the laptop (PC), and a video camera to take the captures that will later be transferred to the Kinovea program 0.9.5 version for the analysis of the ROM.

The results will be obtained from the descriptive and inferential analyses carried out with the SPSS Statistics version 29 program (the base subscription with complex exact and explored tests).

Expected results: The group that performs the ECSE is expected to obtain greater performance improvements in terms of vertical jump and flexibility of the hip and lower extremities in the sagittal plane compared to the control group (CG). It is also expected that there are differences between experienced and inexperienced gymnasts, and that the improvements are so significant as to provide a novel training method that allows optimizing the time available for training, and perhaps, in the future it can also be used as a method for injury prevention.

Keywords

Vertical jump power, split, hip joint range of motion, split jump, eccentric overload with versapulley.

Introducción

La gimnasia aeróbica (GA) es una disciplina no olímpica dentro de la Federación Internacional de Gimnasia (FIG) que surgió del conocido aerobio tradicional en el “boom” del fitness de las décadas 1970 y 1980 (Fédération Internationale de Gymnastique (FIG), 2021). Actualmente es poco conocida pero está en creciente desarrollo y es un deporte que combina elementos de gimnasia rítmica y artística, acrobacias y coreografías deportivas mediante patrones de movimiento continuo, complejo y de alta intensidad con música (Chayun et al., 2020). La competición consiste en realizar una coreografía (llamada rutina) de entre 1'10" y 1'30" dentro de un suelo cuadrado de 7x7m o 10x10m dependiendo de la categoría y de la modalidad, ya que se puede competir de forma individual, por parejas, por tríos o en grupo. La rutina se compone de secuencias dinámicas, rítmicas y continuas de movimientos de alto y bajo impacto (Chayun et al., 2020).

En esta disciplina deportiva para completar una rutina con éxito el/la gimnasta requiere principalmente de resistencia y potencia anaeróbica (Coggan, 2003; Heller et al., 1998; Mineva, 2012; Sands et al., 2006) para ejecutar todos los gestos, pasos y elementos a alta intensidad sin pérdida de velocidad (V), fuerza (F) y precisión. Además, según Obradović (2014), la coordinación (realización de movimientos tanto simétricos como asimétricos de brazos y piernas con música), la F y la potencia (P) (en concreto de los flexores de cadera y de las EEII para los saltos y lanzamientos, pero también de las extremidades superiores, en particular la F explosiva expresada en la posición específica del “push up”, según Albano et al. (2021)) y la flexibilidad (de cadera, EEII y lumbar) son cruciales para un buen desempeño. Según Baquero Sastre (2012), la flexibilidad es fundamental predominantemente en la región lumbo-pélvica, coincidiendo con el resultado del estudio de Barroso (2014), que indica que el 41,2% de las capacidades físicas necesarias en la disciplina son la flexibilidad dorsolumbar y la sagital en las EEII.

En la literatura científica existente referente a la GA se encuentran artículos que hablan del análisis de la F explosiva en las EEII mediante distintas pruebas de salto específicas a la disciplina (Kyselovicova et al., 2010; Puiu y Dragomir, 2020), pero acerca del entrenamiento de flexibilidad y de F en la disciplina no hay evidencias en cuanto a la metodología aplicada para la mejora del rendimiento.

En cuanto al entrenamiento de la flexibilidad, desde finales de la década de 1990 muchos estudios han coincidido en que los estiramientos estáticos previos a la actividad física deportiva pueden conducir a deficiencias en el rendimiento, ya sea de F, P, V, y/o equilibrio (Behm, 2008; Behm et al., 2016, 2021; Behm y Chaouachi, 2011; Kay y Blazevich, 2012) y es por ello por lo que se suelen realizar de forma general

estiramientos dinámicos o balísticos al inicio del entrenamiento y estiramientos pasivos al finalizar la sesión. Aun así, no hay estudios de su aplicación en la GA.

Por lo que corresponde al entrenamiento de F en cambio, el método principal de entrenamiento suele ser el pliométrico, o lo que llega a ser lo mismo, el ciclo estiramiento-acortamiento (CEA), ya que se ha demostrado que este mejora el desarrollo de la P de las EEII (Clarke et al., 2018). El CEA rápido según las manifestaciones de la F de Velez (1991) y Vittori (1990) se da en la mayoría de las acciones deportivas: cambios de dirección, saltos, lanzamientos de EESS o de EEII, chutes, patadas, etc. En la GA interesan las manifestaciones del CEA rápido, la F reflejo-elástico-explosiva, en brazos, hombros y sobre todo en las EEII para los saltos y lanzamientos continuos, pero, al igual que para la flexibilidad, en la evidencia actual tampoco existen estudios que justifiquen la aplicación de la pliometría (o cualquier otro método de entrenamiento para mejorar el salto) en la GA.

En comparación con otros tipos de entrenamiento de F, el entrenamiento con sobrecarga excéntrica (ECSE) ha demostrado ser superior al entrenamiento de F tradicional en la mejora de las variables asociadas con el rendimiento de la F, la P y la V (Douglas et al., 2017; Maroto-Izquierdo, García-López, y De Paz, 2017). Según Núñez et al. (2017), la polea cónica (versapulley) puede considerarse un dispositivo de entrenamiento de F eficiente para inducir una sobrecarga excéntrica y altas demandas metabólicas (*anexo I*). Ha demostrado ser excelente para la hipertrofia y ganancia de F en individuos tanto entrenados como desentrenados, con mayores mejoras en F en el grupo entrenado (Petré et al., 2018), y artículos recientes como la revisión sistemática de Maroto-Izquierdo et al. (2017) o los estudios de Gonzalo-Skok et al. (2017), Hezhi et al. (2022) y Maroto-Izquierdo, García-López y De Paz (2017), respaldan la superioridad del ECSE en comparación con el entrenamiento de F tradicional con pesas, barra o máquinas convencionales, para promover adaptaciones del músculo esquelético como la hipertrofia en serie, y demostrar mejoras en cambios de dirección, sprints, salto con contramovimiento (CMJ), squat jump (SJ), F dinámica máxima (1RM), P muscular en diferentes cargas submáximas, pruebas de salto multidireccional unilateral, etc. en sujetos sanos y atletas. Además, se ha demostrado que agregar una sesión semanal de ECSE a una rutina regular de ejercicios mejora la P muscular de las EEII pudiendo llegar a prevenir y/o combatir tendinopatías rotulianas en deportes que requieren frecuentes saltos explosivos (Gual et al., 2016).

El ECSE no se ha estudiado aún para la mejora de la amplitud de movimiento (ADM), menos aún con la utilización de volantes como el YoYo™ o de la polea cónica, pero según Hahn (2018) y Hollander et al. (2007), las contracciones excéntricas pueden otorgar mayor resistencia de una unidad músculo-tendinosa

cuando ésta se alarga, pudiendo de esta manera proporcionar un mayor estímulo para aumentar la ADM, y los estudios de Afonso et al. (2021), Delvaux et al. (2020) y Nelson y Bandy (2004), coinciden con esta hipótesis.

Justificación del estudio

El creciente interés por la gimnasia aeróbica, la expansión de su geografía, la celebración de campeonatos mundiales, europeos y nacionales, y la poca información respecto a metodologías de entrenamiento indica la necesidad de definir y desarrollar cuestiones teóricas y prácticas relacionadas con el rendimiento de esta disciplina deportiva, ya que a pesar de los más de 10 años de historia de la GA, todavía la información existente sobre el entrenamiento específico es limitada en muchos aspectos (Bacharová et al., 2007; Kyselovičová et al., 1999; Kyselovičová y Tibenská, 2007).

Afonso et al. (2021) y Nuzzo (2020) afirman que no hay diferencias significativas cuando se compara un entrenamiento de flexibilidad con uno de F en el resultado de la mejora de la ADM, aunque lo cierto es que se debe tener en cuenta el tipo específico de entrenamiento de F, ya que las mejoras de flexibilidad obtenidas con el entrenamiento de F con una ADM restringida como en la calistenia o alguno basado en máquinas puede no parecerse en nada a las del entrenamiento con peso libre o la realización de ejercicios de F a través de una ADM completa (Behm, 1995; Behm y Sale, 1993). En la investigación de Alizadeh et al. (2023), se vio que el entrenamiento de F (con peso libre, máquinas o Pilates) mejoraba significativamente la ADM articular, aunque el aumento de magnitud en la ADM no fuera significativamente diferente a los aumentos incurridos con el entrenamiento mediante estiramientos o una combinación de F y de estiramientos. Asimismo, estudios recientes mencionan que a pesar de que el entrenamiento de flexibilidad con estiramientos traiga beneficios como la mejora en la flexibilidad, el equilibrio, las medidas cardiovasculares, el alivio del dolor y la disminución de la incidencia de lesiones, entre otros, estos posibles beneficios pueden ser dados y de forma más eficaz por otras modalidades de entrenamiento como la de la F (Afonso, Olivares-Jabalera y Andrade, 2021; Nuzzo, 2020). Se cree que la diferencia está en que los estiramientos actúan a nivel central mejorando la tolerancia al dolor del estiramiento y la musculatura cede así a mayores rangos de movimiento, y al contrario el entrenamiento de F crea adaptaciones estructurales que podrían llevar también a una mayor ADM.

Por ende, aumentando la longitud muscular con una hipertrofia en serie y promoviendo así las mejoras mencionadas en el rendimiento, el ECSE es probablemente el mejor método para aumentar el rango de

movimiento de las articulaciones, manteniendo o incluso mejorando al mismo tiempo la F-P del salto vertical.

Cualquier efecto significativo del entrenamiento de F sobre la ADM puede depender de variables como el sexo y el estado de entrenamiento del individuo, o la frecuencia y duración del entrenamiento (Konrad et al., 2022; Wilke et al., 2020). Es por ello por lo que individualizar el entrenamiento de flexibilidad a las necesidades de cada uno/a sería lo más adecuado si queremos mejorar la ADM, pero cuando se trata de un equipo y de plantear un entrenamiento común para obtener mejoras a nivel grupal, buscaremos siempre en técnicas que mejores resultados suelen dar a nivel general y lo que más se acerque al rendimiento que buscamos y esperamos de nuestros/as gimnastas. Por esta razón, intentando buscar un método más eficaz de mejorar el rendimiento (en este caso los saltos verticales y la ADM), se pretende valorar si a raíz de la implementación del ECSE se pueden conseguir mejoras en ambos componentes, ya que hasta ahora no se han estudiado las mejoras de flexibilidad como tal inducidas por el ECSE, y menos aún en esta disciplina deportiva.

Hipótesis

El ECSE produce mejoras mayores de la ADM de las EEII y cadera en plano sagital y del salto vertical en el rendimiento de la gimnasia aeróbica competitiva en comparación con el entrenamiento habitual, en gimnastas femeninas de 12-20 años.

Objetivos

Objetivo principal

El objetivo principal es examinar si el ECSE mejora la ADM de las EEII y cadera en plano sagital y el salto vertical en el rendimiento de la gimnasia aeróbica competitiva, en comparación con el entrenamiento habitual, en gimnastas femeninas de 12-20 años.

Objetivos secundarios

- Observar si existen diferencias entre gimnastas experimentadas (3 o más años de experiencia) y no experimentadas (menos de 3 años de experiencia).
- Proporcionar un método de entrenamiento que permita optimizar las horas de entrenamiento de las que dispone un/a gimnasta, un grupo de gimnastas o un club en general (destinado a

entrenadores y gimnastas aeróbicos y de otras disciplinas que tengan capacidades físicas y/o técnicas parecidas).

Metodología

Diseño del estudio

Se trata de una investigación con finalidad analítica, longitudinal y prospectiva en el tiempo. Se llevará a cabo una intervención experimental, un ensayo clínico controlado no aleatorizado, en el cual el GI lo formarán gimnastas de la sección aeróbica del club Arrasate Dragoi de la provincia Guipuzcoana y el GC en cambio, será formado por gimnastas del Club Biribildu de Álava. Es un ensayo clínico abierto, donde las participantes no estarán cegadas ni tampoco las evaluadoras (las valoraciones las realizará la propia autora (A), que es entrenadora del club Arrasate Dragoi, junto con otra de las entrenadoras del club (E1), por lo que ya sabrán a qué grupo pertenece cada gimnasta que evalúen).

Población y muestra

Los criterios de inclusión para la investigación serán la edad (12-20 años), el sexo femenino y que pertenezcan a alguno de estos clubes por toda la temporada; se excluirán todas aquellas que nunca hayan realizado entrenamientos de F de EEII (gimnastas de primer año en el club), o aquellas que tengan una lesión frecuente de isquiotibiales, lesiones que impliquen la articulación de la cadera, condiciones que impidan la realización de saltos, o todas aquellas que no puedan realizar actividad física durante la intervención por alguna contraindicación dada por parte de un especialista o por razones como pueden ser las fracturas recientes, la hipertensión no controlada y antecedentes de urgencia hipertensiva inducida por ejercicio, enfermedad cardiovascular aguda de menos de 6 semanas, tromboflebitis aguda y/o embolia sistémica, infecciones agudas con fiebre alta, y enfermedad metabólica no controlada (Peiró et al., 2011). Asimismo, en algunos casos, pacientes con arritmias y afecciones cardíacas (incluyan o no marcapasos), infección crónica, enfermedad reumática, neuromuscular u ósea que se agrave con el ejercicio, tumores y embarazadas por ejemplo, que son muy poco probables, habría que valorar su inclusión.

Según el cálculo de la muestra mediante la herramienta GRANMO, aceptando un riesgo alfa (error, E) de 0.05 y un riesgo beta de 0.2 en un contraste bilateral, y asumiendo que la desviación estándar común es de 20, se precisan 74 sujetos en el primer grupo y 74 en el segundo para detectar una diferencia igual o superior a 10 unidades, estimado una tasa de pérdidas de seguimiento del 15%. Para cumplir con esto se

deberían de reclutar un total de 148 gimnastas, lo que en este caso resulta imposible por la poca cantidad de clubes de gimnasia aeróbica en todo el País Vasco y por la poca cantidad de gimnastas que hay en cada uno de estos.

Se cree que un número de 20 gimnastas por grupo sería lo más factible que se pueden reclutar, para igualar cantidad de gimnastas en ambos grupos y para que coincida que puedan entrenar a la vez, en el mismo grupo las 20, para igualar dentro de lo posible las condiciones en las que se realiza el estudio. Así pues, se reclutarán un total de 40 gimnastas femeninas de 12-20 años para el estudio, 20 del Club Biribildu y 20 de Arrasate Dragoi.

Asignación de los individuos a los grupos de estudio

Todas las participantes elegibles serán contactadas por la autora ya sea de forma presencial o por teléfono móvil y serán invitadas a una reunión inicial donde se les explicarán los detalles del estudio y sus implicaciones, incluidos los riesgos y beneficios de la participación. Se proporcionará toda la información necesaria y después si están de acuerdo con todo y quieren participar se obtendrá el consentimiento informado por escrito de cada una de ellas (en caso de las menores de edad sus tutores legales firmarán el asentimiento informado) (anexo II), para poder proceder con la intervención. No se utiliza ningún programa informático ni nada por el estilo para la asignación a los grupos ya que no es aleatorizado y directamente dependiendo del club al que pertenece la gimnasta, será de uno o de otro (GI o GC).

VARIABLES DE ESTUDIO

En la ficha de cada participante del estudio se recogerán en la primera valoración las siguientes variables independientes:

- Edad.
- Peso.
- Categoría en la cual compite el año de la intervención.
- Años de experiencia/práctica en la GA (3 años o más se considera “experimentada”, menos de 3 años de experiencia, sin embargo, será igual a “no experimentada”).
- Historia de lesiones.

Otra de las variables independientes será el ECSE con polea cónica en el GI y el entrenamiento habitual en el GC, explicado en el siguiente apartado de “procedimiento”.

Las variables dependientes, en cambio, serán las que se obtendrán como resultados y las que servirán para poder sacar conclusiones al final del proceso de la intervención. Estas son:

- Altura alcanzada en los saltos (alcance del salto en cm).

- Tiempo de impulso para realizar el salto, en segundos (s).
- P del salto, en vatios (W).
- ADM de EEII y cadera en plano sagital de forma pasiva (espagat en el suelo), medida en grados.
- ADM de EEII y cadera en plano sagital de forma activa (salto a espagat, “split jump” en inglés), medida en grados.

Instrumentos utilizados para la medida de los parámetros

Se harán servir dos plataformas de contacto de Chronojump (*anexo III*) con su respectivo programa en los PCs para obtener las variables del salto vertical. Se realizarán dos valoraciones distintas:

- Saltos CMJ y Abalakov:
 - CMJ: Es el salto vertical máximo que consiste en realizar un movimiento rápido de flexo-extensión de las rodillas de hasta 90°, con las manos en la cintura. Sería realizar un squat y sin pausa saltar seguidamente partiendo de una extensión de rodillas en bipedestación. Mediante este salto se evalúa la F explosiva con reutilización de energía elástica pero sin aprovechamiento del reflejo miotático, la F elástico-explosiva según Vittori (1990). Esta prueba muestra resultados de confiabilidad y validez para la estimación de la P explosiva de EEII (Markovic et al., 2004).

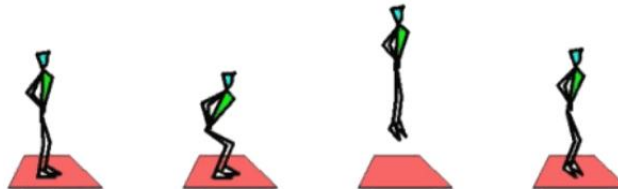


Figura 1. Representación gráfica de la ejecución de un CMJ.

- Abalakov: Es el CMJ con impulso de brazos hacia arriba. Evalúa también la F elástico-explosiva, pero con acción de brazos.

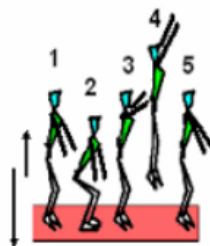


Figura 2. Representación gráfica de la ejecución del salto Abalakov.

Para la correcta ejecución de los saltos es importante informar a las gimnastas de que el aterrizaje ha de ser con los pies extendidos (en flexión plantar) y que el squat ha de llegar a los 90° de flexión, sin flexionar el tronco hacia anterior, permaneciendo lo más erguida posible durante la realización de la prueba, procurando que el tronco se posicione lo más vertical posible en cada descenso. Para los análisis estadísticos se utilizará la altura media del salto (cm) calculada después de ejecutar 3 saltos de cada tipo (3 CMJs y 3 saltos Abalakov) con 30 segundos de descanso entre cada salto. En cada período de medición, se les pedirá a las gimnastas que realicen algunas pruebas antes del test para familiarizarse.

- Test AG II de rutinas modificadas de GA (Kyselovicova et al., 2010). Es una prueba de 1.45 minutos de duración que trata de la realización de pasos aeróbicos (saltos continuos de impacto medio-alto como jogging, jumping jacks, saltitos con elevación de rodilla, etc.) con combinación de un salto específico de la disciplina cada 10 segundos en la plataforma de contacto. Es más específico a la disciplina, aunque para mayor especificidad aún, en futuras investigaciones se deberían de tener en cuenta los desplazamientos, ya que implican mayor esfuerzo y la P en los saltos variaría. La siguiente imagen (*figura 3*) muestra de forma gráfica los resultados obtenidos con este test en el estudio de Kyselovicova et al. (2010).

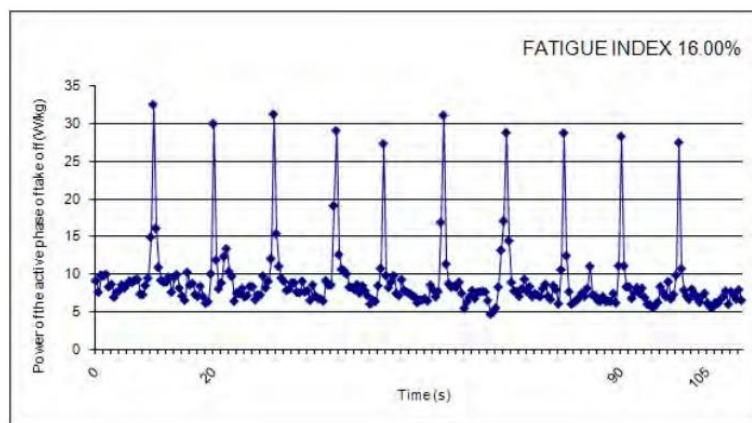


Figura 3. Ejemplo de resultados del test AG II

El programa de Chronojump Boscosystem, permite observar los resultados de los saltos siempre que se quiera, de forma gráfica o en formato tabla. De ahí se obtendrán los valores de altura del salto (cm), tiempo de contacto/impulso (s) y P (W) de cada prueba.

La ADM de las EEII y de las articulaciones coxofemorales en plano sagital se medirá tanto de forma activa como de forma pasiva mediante la goniometría con el programa Kinovea versión 0.9.5 (*anexo IV*). Se

utilizará la cámara del teléfono móvil para grabar en vídeo la realización de los siguientes elementos que a posteriori se cargarán al programa para su análisis:

- El “Split jump” para la valoración activa (*figura 4*). Consta de un salto vertical a espagat (a abrir la cadera un mínimo de 180º en el plano sagital), y es un elemento de dificultad propio de la disciplina, por lo que esta prueba sería más específica a la GA (se medirá la ADM pero se ha de tener en cuenta que es totalmente dependiente de la P de las EEII en el salto). El salto se ha de empezar desde pies juntos y ha de acabar en la misma posición, procurando mantener ambas rodillas totalmente extendidas y los pies en flexión plantar durante la ejecución.



Figura 4. Realización de un split jump con apertura (ADM) de 182, 8º.

- Espagat (sagittal split en inglés) en el suelo para la valoración pasiva (*figura 5*), asistida por la fuerza de la gravedad. Consta de una apertura de cadera mínimo de 180º en el plano sagital; para su correcta ejecución la gimnasta debería tocar el suelo con toda la superficie de las EEII y la cadera (el isquion de la pierna delantera), manteniendo la mirada al frente y con una mano a cada lado del tronco.



Figura 5. Realización de un split con apertura (ADM) de 177, 1º

El ángulo de amplitud se obtendrá en ambos casos trazando un ángulo entre dos líneas rectas que irán desde el centro de la cadera (un punto en el lugar de la sínfisis púbica) hacia las rodillas (parte interna en la pierna delantera y externa en la trasera). De esta forma, si hubiera cierta flexión de rodilla no influiría en el resultado (en teoría las rodillas deberían ir siempre extendidas pero dependiendo de la flexibilidad de cada una no siempre es posible). Además, la apertura de cadera de 180º es un requerimiento mínimo en la disciplina para que a estos elementos se les otorgue su valor, y en caso de que existiera cierta flexión de rodillas se deduciría de la nota en la parte de la ejecución, pero al elemento en sí se le daría su valor.

Descripción del procedimiento de las valoraciones

Se realizará un total de 4 sesiones de valoración (*figura 6*). La primera (valoración inicial) se hará el primer lunes de octubre, al acabar con la pretemporada. En esta primera valoración se creará una ficha para cada gimnasta en el PC, que incluirá además de sus datos identificativos, su edad, peso, categoría en la cual compite, años de experiencia previa en la disciplina e historia de lesiones. Después se realizarán los tests y se guardarán también los resultados en la ficha.

La segunda valoración (intermedia) se llevará a cabo a las 4 semanas de empezar con la intervención; la tercera (valoración final) a las 8 semanas, justo antes del comienzo del periodo específico; después, se volverán a realizar las mediciones al mes de la valoración final para ver si las mejoras obtenidas se mantienen o no en el tiempo. Las sesiones de valoración serán en días en los cuales las gimnastas no tengan entrenamiento (martes, jueves o sábado), y serán todas en el frontón de Uarkape, lugar de entrenamiento del club Arrasate Dragoi, el mismo día, pero en turnos diferentes, para que vayan pasando de una en una.

Estas pruebas serán siempre supervisadas por las mismas profesionales (A y E1).



Figura 6. Proceso de seguimiento de la intervención

El orden de realización de los tests será igual para todas las participantes; se realizará un calentamiento de 15' previo a las pruebas para disminuir el riesgo de lesiones, y después seguirán el orden representado en la *figura 7*.

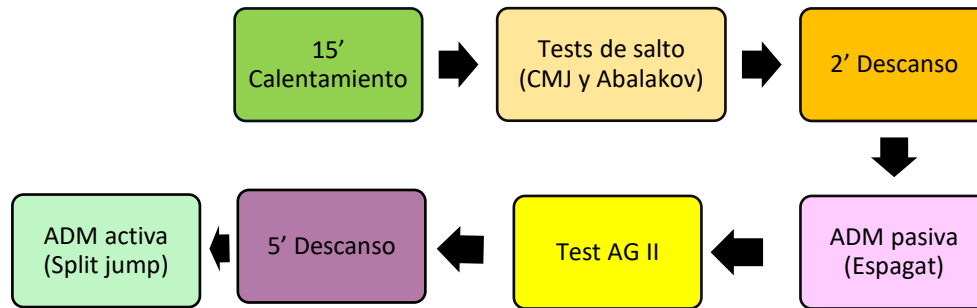


Figura 7. Orden de las sesiones de valoración

Procedimiento

Maroto-Izquierdo et al. (2019), Maroto-Izquierdo et al. (2022), Norrbrand et al. (2008) y O'Brien et al. (2020) coinciden en que el ECSE durante 5-6 semanas con una frecuencia de 2-3 veces por semana y un volumen de 4 series de 7 repeticiones es más que suficiente para obtener las mejoras esperadas con este tipo de entrenamiento. Otros autores como Gonzalo-Skok et al. (2017) por ejemplo, indican que con 8 semanas se logran mejoras más significativas.

Basado en ello y en el ciclo anual de la GA, este estudio consistirá en un programa de 8 semanas, en las cuales las gimnastas participantes de ambos clubes (GC y GI) realizarán el entrenamiento habitual tipo con una frecuencia de 3 sesiones semanales (los lunes, miércoles y viernes) procurando dejar siempre un mínimo de 48h entre sesiones para permitir una adecuada recuperación, y el GI añadirá el ECSE con una frecuencia de 2 sesiones semanales a sus entrenamientos habituales de lunes y viernes antes del calentamiento específico (figura 8). Los entrenamientos los realizará cada club en su lugar habitual de entrenamiento, con su entrenadora; el Club Biribildu (GC) en el polideportivo San Andrés de Vitoria-Gasteiz con su entrenadora (E2) y las de Arrasate Dragoi (GI) en el frontón Uarkape de Arrasate, con su entrenadora (E1).

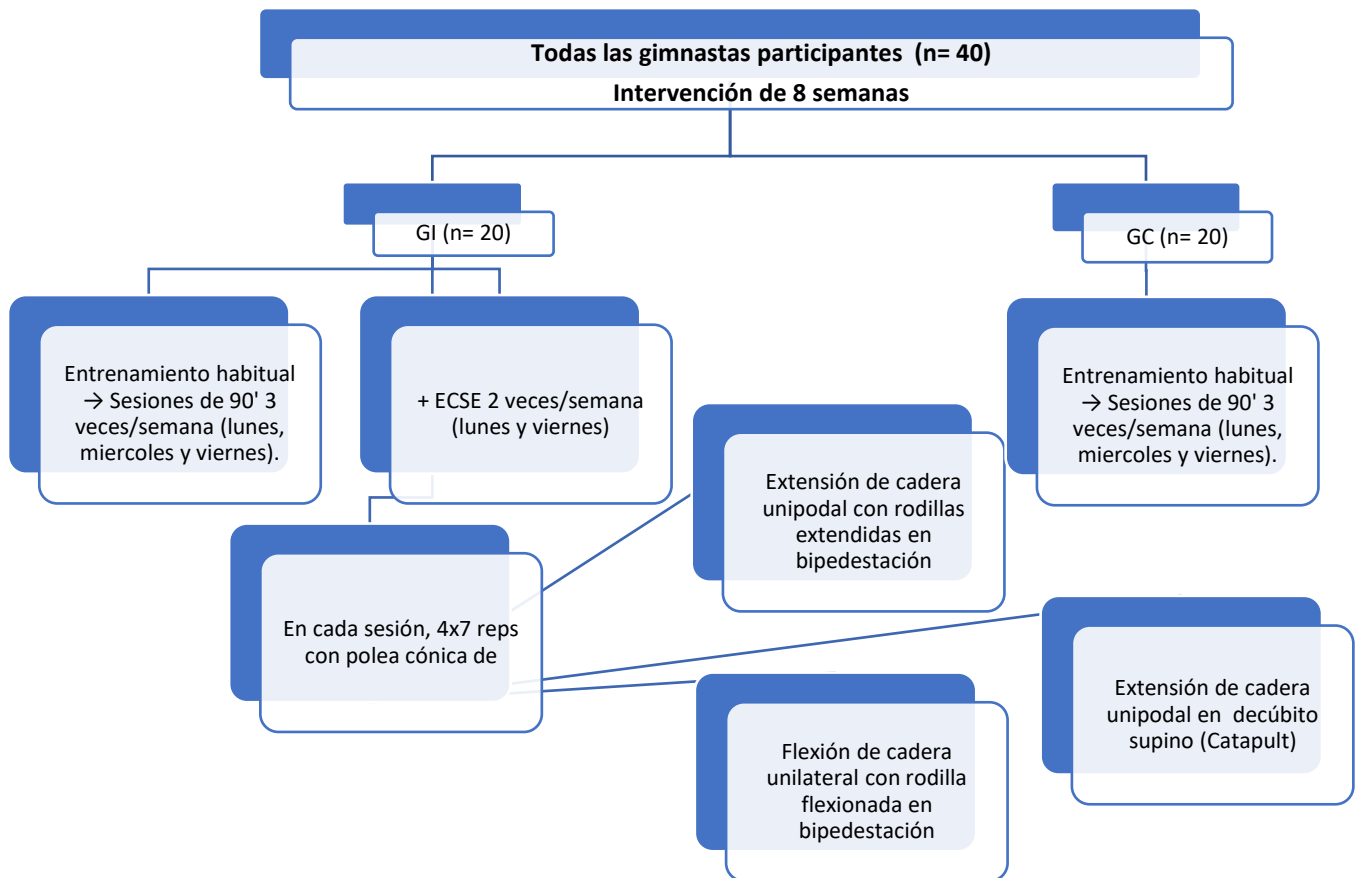


Figura 8. Resumen del proceso de intervención.

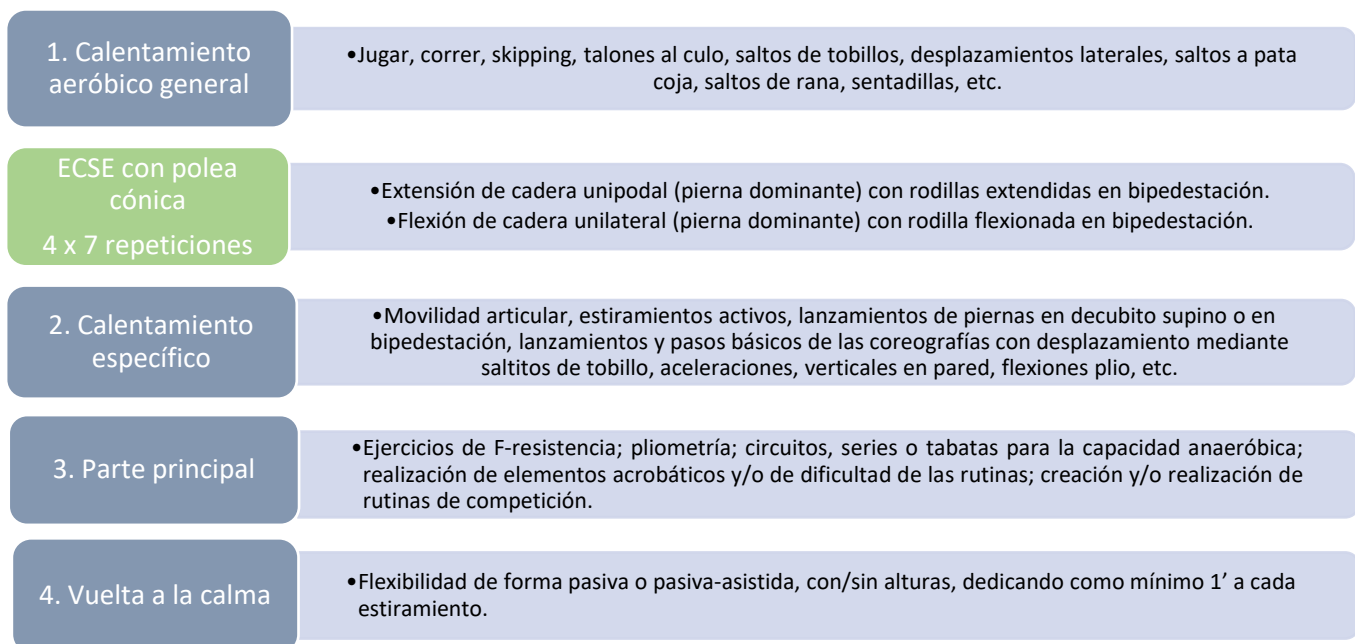


Figura 9. Esquema de la sesión de entrenamiento.

El entrenamiento habitual tipo que realizarán ambos grupos (apartados en gris, *figura 9*) será planificado conjuntamente por las entrenadoras de ambos clubes (E1 y E2) para que así puedan asegurar su cumplimiento de la misma manera sobre todo coincidiendo en ejercicios (realizarán los mismos y en mismo orden), volúmenes e intensidades. Las sesiones de entrenamiento tendrán una duración de 90 minutos; comenzarán con un calentamiento aeróbico general acompañado de uno específico que variará en función del objetivo de la sesión, continuarán con la parte principal de la sesión que también dependerá del objetivo (será la parte más larga e importante), y acabarán con la parte de flexibilidad para la vuelta a la calma.

Las gimnastas del GI que realizarán el ECSE en sus entrenamientos de lunes y viernes (apartado en verde, *figura 9*), efectuarán tres ejercicios con la polea cónica Pulley PRO C3, descritos en el *anexo V*: uno de extensión de cadera unipodal en bipedestación con la otra extremidad inferior de apoyo extendida (*figura 10*), el segundo también de extensión de cadera pero en decúbito supino (*figura 11*, obtenida del trabajo de Suarez-Arrones et al. (2020)), y el siguiente de flexión de cadera unipodal con la rodilla flexionada a unos 90º con el pie de apoyo sobre un banco/cajón (*figura 10*). Esto hará que las sesiones de entrenamiento los lunes y viernes sean más largas para el GI (durarán 90' mas lo que tarden en realizar el ECSE, que serán más o menos 60'). El volumen de trabajo del ECSE será de 4 series de 7 repeticiones de cada ejercicio con 1' de recuperación entre series (Tesch, Fernandez-Gonzalo y Lundberg, 2017), con un esfuerzo percibido (RPE por sus siglas en inglés) de 5-8 sobre 10, después de cada serie. El cable se colocará en el radio más ancho del cono para generar mayor velocidad y se pondrán dos contrapesos en la base del cono para generar mayor inercia.

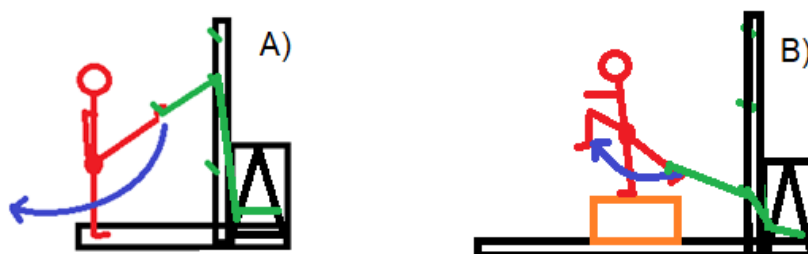


Figura 10. Extensión de cadera con rodillas extendidas en bipedestación (A); flexión de cadera con rodilla flexionada en bipedestación sobre cajón (B).



Figura 11. Extensión de cadera en decúbito supino (catapult).

La Pulley PRO C3 irá conectada a un Encoder rotatorio (figura 10) que se conectará al mismo tiempo a un PC con el software de Chronojump. El software permitirá calcular el momento de inercia insertando el diámetro del cono donde se enrolla el cable y los pesos extras utilizados durante el ejercicio, y marcará la P y V de cada repetición que realice cada gimnasta durante el ejercicio.



Figura 12. Polea cónica Pulley PRO C3 con el Encoder rotatorio de Chronojump.

De cada ejercicio se realizarán 7 repeticiones “reales” por serie, con “reales” refiriéndose a repeticiones ejecutadas a máximo esfuerzo, con una sobrecarga excéntrica de un 10% como mínimo (aparecerá marcada en una flecha de color verde en la pantalla del software de Chronojump, como en el ejemplo de la figura 13, que en ese caso sólo existe sobrecarga excéntrica en las repeticiones 7-15). Las primeras 2-3 repeticiones de cada serie normalmente no cuentan porque suelen ser para acelerar el cono. Cualquier repetición que no llegue al 10% de la sobrecarga excéntrica no se contabilizará como una repetición dentro de las 7 requeridas; por ejemplo, si la representación de la figura 13 fuera el caso de una de las gimnastas, sólo contabilizarían las repeticiones 10-15.

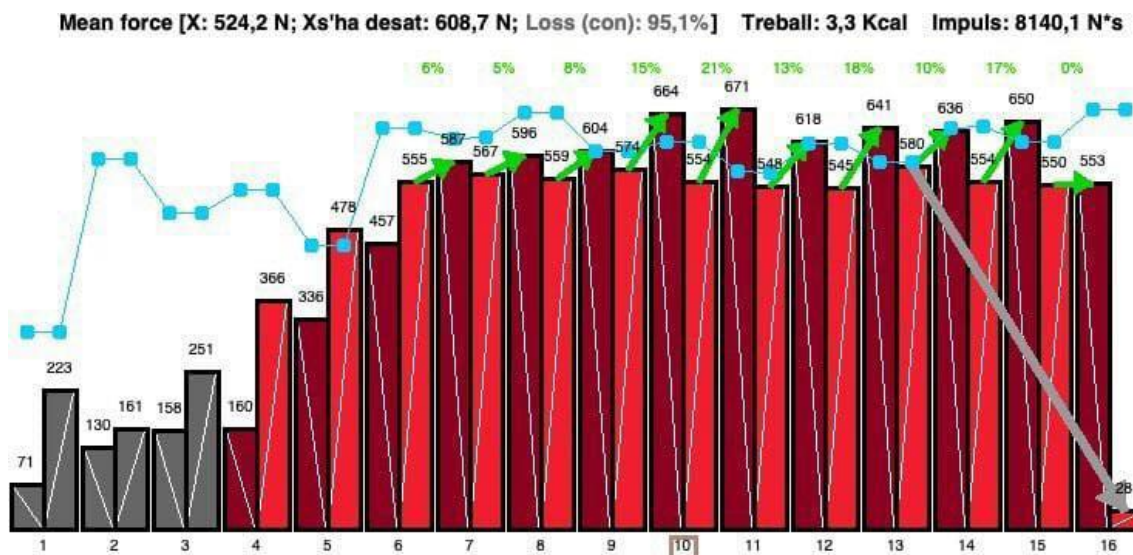


Figura 13. Representación gráfica de una serie de 16 repeticiones con dispositivo inercial en Chronojump.

El GI realizará 2 sesiones de familiarización con la polea cónica durante la última semana de septiembre, en las cuales se les explicará su funcionamiento y la correcta ejecución de los ejercicios. Se instruirá a las gimnastas de este grupo para que se coloquen correctamente para realizar el ejercicio y luego realicen la fase concéntrica lo más rápido posible, luego resistan suavemente la F de inercia durante el primer tercio de la acción excéntrica y seguidamente apliquen el máximo esfuerzo para frenar el movimiento al final del rango de movimiento, tal y como se explica en el artículo de Suchomel et al. (2019). También se les explicará el funcionamiento del software de Chronojump para que aprendan a interpretar la gráfica y sepan si lo están haciendo bien o no, y el concepto del esfuerzo percibido para que controlen la intensidad. Así se familiarizarán con el dispositivo y con los ejercicios como modo de preparación para las sesiones de la intervención. Después, en la primera semana de octubre se realizarán las primeras valoraciones y se comenzará con la intervención.

Las entrenadoras (E1, E2 y A) asegurarán el cumplimiento y el desempeño óptimo del programa de entrenamiento con la continua supervisión de las gimnastas para asegurar la correcta ejecución de los ejercicios y a la intensidad requerida para cada bloque de entrenamiento.

Análisis estadístico

Se utilizará el programa gratuito Jamovi versión 2.3.26 para calcular primero los parámetros estadísticos descriptivos (Promedio/media, Valores Mínimos, Valores Máximos, Desviación Estándar y Coeficiente de Variabilidad), y después realizar el análisis inferencial, donde se realizará la prueba de normalidad u homogeneidad Shapiro-Wilk primero, y luego se llevarán a cabo las pruebas T para muestras dependientes (esto calculará el valor p o lo que es lo mismo, la significación de la prueba). Estas pruebas permitirán ver si existen diferencias significativas en cada una de las variables estudiadas; los resultados serán significativos si los valores son menores de 0.05. Finalmente, se usará el ANOVA de medidas repetidas con un factor intersujeto para identificar las diferencias entre los dos grupos de intervención en las diferentes sesiones de valoración para cada una de las variables dependientes, con un intervalo de confianza del 95%.

Consideraciones éticas

Para la realización del estudio se obtendrá la aprobación por parte del Comité de Ética del Tecnocampus y el consentimiento/asentimiento informado de las gimnastas o tutores legales (*anexo II*) ya mencionado, documento que incluye la mención y justificación del sistema de protección de los datos personales. Además también se obtendrá la autorización de los clubes Arrasate Dragoi y Biribildu para la realización del proyecto y el uso de ciertos datos. El estudio cumplirá con el Código Deontológico de la Profesión de la Educación Física y Deportiva (Consejo General de la Educación Física y Deportiva, 2019) y como implica el estudio de seres humanos, durante el desarrollo del presente proyecto se respetarán en todo momento los principios éticos de la declaración de Helsinki (WMA, 2013), permitiendo que en cualquier momento las participantes puedan abandonar voluntariamente el estudio de forma libre, sin que eso suponga ningún perjuicio o cambio en el tratamiento habitualmente recibido.

Cronograma

2023	Enero				Febrero				Marzo				Abr.	My.	Jun.	RESPONSABLE(S)
ETAPAS DEL PROYECTO	Semanas															
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1-5	1-4	1-4	
INTRODUCCIÓN, JUSTIFICACIÓN, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS																
Selección tema genérico																A
Revisión bibliográfica																A
Selección del tema concreto (PICO) y objetivo principal																A y r
Redacción de la introducción																A y r
Redacción de la justificación, hipótesis y objetivos secundarios																A y r
METODOLOGÍA																
Planificar y redactar reclutamiento																A y r
Descripción intervención																A y r
Descripción evaluación de la intervención																A y r
Análisis e interpretación de resultados																A y r
Consideraciones éticas y presupuesto																A y r
PRESENTACIÓN DEL PROYECTO																
Redacción de limitaciones y prospectiva																A
Elaborar resumen e índices																A
Presentación proyecto																A

2023-2024	Jul.	Agt.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	En.	Feb.	Mar.	RESPONSABLE(S)
ETAPAS DEL PROYECTO	Semanas									
	1-5	1-4	1-4	1-5	1-4	1-5	1-4	1-4	1-5	
INTERVENCIÓN										
Información y reclutamiento										A, E1 y E2
Sesiones de familiarización ECSE										A y E1
Evaluación inicial e Inicio intervención										A, E1 y E2
Valoración intermedia										A y E1
Evaluación final y análisis de resultados										A y E1
Valoración al mes de acabar con la intervención										A y E1
Análisis de resultados y redacción del trabajo										A y r
Publicación del trabajo										A y r

Presupuesto

Para calcular una aproximación del presupuesto se hace una lista de materiales y recursos humanos necesarios. De estos ya se dispone de:

- Espacios físicos donde realizar las sesiones de entrenamiento y las de valoración.
- Las entrenadoras E1 y E2 recibirán su sueldo habitual por parte del club y participarán en el estudio de forma voluntaria comprometiéndose a cumplir con el protocolo.
- Ambos clubes disponen ya de material necesario para el entrenamiento habitual tipo (pesas lastre para tobillos y muñecas, bandas elásticas, step, TRX, esterillas y colchonetas, etc.).
- Herramienta GRANMO para el cálculo de la muestra (gratuito).
- Programa Kinovea versión 0.9.5 para la evaluación de la ADM (gratuito).
- Software de análisis estadístico Jamovi (gratuito).
- Móvil con cámara de video.
- Programa o software Chronojump Boscosystem para las pruebas de salto (gratuito).
- 1 PC para archivar las fichas de las gimnastas participantes y los documentos de consentimiento, para conectar a una de las plataformas de contacto en la evaluación del salto vertical, para el

análisis de la ADM en Kinovea y para el uso del software Jamovi en el análisis estadístico, y otros 4 PCs para conectar al Encoder rotatorio cuando se realice el ECSE.

- Báscula de peso.
- Financiación (aportación económica) y medios para la difusión de los resultados por parte de la Universidad Tecnocampus. Tecnocampus nos cede también a uno de sus investigadores como revisor (r).

Aparte de lo mencionado se necesitarán 2 kits de plataformas de contacto de Chronojump, 5 poleas cónicas (Pulley PRO C3) y 5 kits de Encoder rotatorio de eje de Chronojump.

Tabla 1. Presupuesto aproximado.

MATERIAL Y PERSONAL			
Recurso	Cantidad	Precio unidad (€)	Precio total (€)
1. Polea cónica Pulley PRO C3	5	3.569,50	17.847,50
2. Kit plataforma de contacto Chronojump	2	210,31	420,62
3. Kit Encoder Rotatorio de eje Chronojump	5	318,23	1591,15
TOTAL			19.859,27

Tabla 2. Fuentes de obtención de precios.

Fuente
1. https://www.vimassport.com/maquinas-de-entrenamiento-excentrico/10406-pulley-pro-c3.html
2. https://chronojump.org/es/product/kit-plataforma-contacto-composite/
3. https://chronojump.org/es/product/kit-encoder-de-rotacion/

Limitaciones y prospectiva

Como cada intervención, ésta también implica ciertas limitaciones, factores que podrían hacer que los resultados del estudio pierdan algo de significancia. Por ejemplo, al no ser aleatoria la asignación de las gimnastas a los grupos de estudio no se tienen en cuenta las posibles variables confusoras. Además, no tiene en cuenta las fases sensibles del entrenamiento en la GA y la diferencia entre una gimnasta de 12 años y una de 18 o 20 es muy grande en aspectos relacionados con la condición física y el rendimiento. Tampoco tomará en cuenta la composición corporal de las gimnastas, lo que resulta importante tanto a la hora de establecer las cargas de los entrenamientos como en la interpretación de los resultados, ya que ante un mismo entrenamiento en cuanto a variables de frecuencia, intensidad, volumen y resistencia un

cuerpo se adaptará de una manera u otra en función de sus palancas (huesos más largos o cortos), o en función de su masa magra y masa grasa. La nutrición y el factor psicológico y hormonal de las gimnastas también influirían en el resultado, serían consideradas variables intervinientes, pero tampoco se tendrán en cuenta en el estudio. Otra de las limitaciones también podría ser que la muestra es muy pequeña, aun así, si se demuestra que la hipótesis es cierta con resultados concluyentes y estadísticamente significativos podría servir de gran ayuda a entrenadores/as y gimnastas aeróbicos y/o entrenadores/as y deportistas de otras disciplinas que tengan capacidades físicas y/o técnicas parecidas, para mejorar su rendimiento de forma más eficaz, si se pueden permitir hacer una pequeña inversión, ya que los dispositivos (las poleas cónicas y encoder) pueden ser costosas, y se podría en un futuro investigar en un territorio más amplio con muchas más gimnastas.

En cuanto al entrenamiento de la flexibilidad a nivel general existe controversia ya que se ha visto que tanto los estiramientos pasivos como los activos o balísticos (Beedle y Mann, 2007; Herda et al., 2013; Konrad et al., 2017; Perrier et al., 2011) pueden mejorar la flexibilidad y la ADM, pero hay estudios que indican mejores resultados mediante un tipo, y otros, al contrario, con el otro. Aquí la cuestión no es tanto qué tipo de estiramiento es mejor sino cuándo es mejor uno que otro y cómo se han de ejecutar (tiempo de ejecución, nivel de tensión, si existe o no actividad muscular agonista o antagonista pre-, durante, o post-estiramiento, si son asistidos o no, las posturas en las que se realizan, etc.). La ADM y la flexibilidad son capacidades determinantes en la disciplina y por ello se recomienda investigar dentro de la GA, los efectos de distintos tipos de estiramiento, o entrenamiento de flexibilidad, o entrenamiento de F para la mejora de la flexibilidad, para avanzar en métodos de entrenamiento y buscar siempre mayores mejoras de rendimiento.

Por otra parte, se ha demostrado que agregar una sesión semanal de ECSE a una rutina regular de ejercicios mejora la P muscular de las EEII pudiendo llegar a prevenir y/o combatir tendinopatías rotulianas en deportes que requieren frecuentes saltos explosivos (Gual et al., 2016), por lo cual, en futuros estudios también se podría ver si el ECSE en la GA puede provocar los mismos efectos. Así, además de mejorar el rendimiento, este tipo de entrenamiento podría ser útil para la prevención de lesiones.

A nivel genérico, se necesitan más estudios que comparen diferentes protocolos de entrenamiento con dispositivos inerciales con el entrenamiento de F tradicional, así como individuos con diferentes condiciones físicas y ambientales y diferentes antecedentes de entrenamiento (p. ej., niveles de fuerza, experiencia con el dispositivo inercial, participación deportiva y tipo de deporte, etc.).

Referencias

- Afonso, J., Olivares-Jabalera, J., & Andrade, R. (2021). Time to Move From Mandatory Stretching? We Need to Differentiate “Can I?” From “Do I Have To?” *Frontiers in Physiology*, 12(July), 1–5. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.714166>
- Afonso, J., Ramirez-Campillo, R., Moscão, J., Rocha, T., Zacca, R., Martins, A., Milheiro, A. A., Ferreira, J., Sarmiento, H., & Clemente, F. M. (2021). Strength training versus stretching for improving range of motion: A systematic review and meta-analysis. *Healthcare (Switzerland)*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/healthcare9040427>
- Albano, D., D’Anna, C., & Vastola, R. (2021). Push up, explosive push up and free fall tests to evaluate the upper body power: A preliminary study in aerobic gymnastics. *Journal of Human Sport and Exercise*, 16(Proc3), S973–S979. <https://doi.org/10.14198/jhse.2021.16.Proc3.13>
- Alizadeh, S., Daneshjoo, A., Zahiri, A., Anvar, S. H., Goudini, R., Hicks, J. P., Konrad, A., & Behm, D. G. (2023). Resistance Training Induces Improvements in Range of Motion: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01804-x>
- Armstrong, R. B., Ogilvie, R. W., & Schwane, J. A. (1983). Eccentric exercise induced injury to rat skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*, 54: 80–93.
- Bacharová, L., Tibenská, M., Kučerová, D., Kyselovičová, O., Medeková, H., & Kyselovič, J. (2007). Decrease In QRS Amplitude In Juvenile Female competitive athletes during the initial twenty-one months of intensive training. *Cardiology Journal*, 14 (3), 260–265.
- Baquero Sastre, G. A. (2012). Caracterización de condiciones de flexibilidad muscular y su relación con alteraciones posturales lumbopélvicas. *Revista Científica General José María Córdova*, 10(10), 319. <https://doi.org/10.21830/19006586.240>
- Barroso, M. (2014). Physical Profile in Aerobics Gymnastics. In *Scientific research in aerobic gymnastics Summary 2010-2014* (1st ed., pp. 69–72). Scientific-13.06.2014-2.pdf (aerobic5.com)
- Beedle, B. B., & Mann, C. L. (2007). A comparison of two warm-ups on joint range of motion. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3):776–9.
- Behm, D. G. (1995). Neuromuscular implications and applications of resistance training. *Journal of Strength*

- and Conditioning Research*, 9(4):264–74.
- Behm, D. G. (2008). *The science and physiology of flexibility and stretching: implications and applications in sport performance and health*. Routledge Publishers.
- Behm, D. G., Blazevich, A. J., Kay, A. D., & McHugh, M. (2016). Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41(1):1–11.
- Behm, D. G., & Chaouachi, A. (2011). A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *European Journal of Applied Physiology*, 111(11):2633–51.
- Behm, D. G., Kay, A. D., Trajano, G. S., & Blazevich, A. J. (2021). Mechanisms underlying performance impairments following prolonged static stretching without a comprehensive warm-up. *European Journal of Applied Physiology*, 121(1):67–94.
- Behm, D. G., & Sale, D. G. (1993). Velocity specificity of resistance training. *Sports Medicine*, 15(6):374–88.
- Blache, Y., & Monteil, K. (2014). Influence of lumbar spine extension on vertical jump height during maximal squat jumping. *Journal of Sports Sciences*, 32(7), 642–651.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2013.845680>
- Bobbert, M. F., Gerritsen, K. G., Litjens, M. C., & Van Soest, A. J. (1996). Why is countermovement jump height greater than squat jump height? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(11), 1402–1412.
- Bosco, C. (1988). El entrenamiento de la fuerza en voleibol. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 2(5–6), 57–62.
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology*, 50(2), 273–282.
- Bosco, Carmelo. (2002). *La valutazione della Forza con il test di Bosco* (2nd ed.). Società Stampa Sportiva.
- Brockett, C. L., Morgan, D. L., & Proske, U. (2001). Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(5), 783–790.
<https://doi.org/10.1097/00005768-200105000-00017>
- Chayun, D., Kletsov, K., & Manzheley, I. (2020). Acrobatics as a new trend in aerobic gymnastics. *Journal*

- of Physical Education and Sport*, 20(2), 759–767. <https://doi.org/10.7752/jpes.2020.02109>
- Clarke, R., Hughes, J., Raul Aspe, R., & Mundy, P. (2018). Plyometric technical models: Biomechanical principles. *UK Strength Cond Assoc*, 1: 13–20.
- Clarkson, P. M., & Tremblay, I. (1988). Exercise-induced muscle damage, repair, and adaptation in humans. *Journal of Applied Physiology*, 65(1), 1–6. <https://doi.org/10.1152/jappl.1988.65.1.1>
- Coggan, A. R. (2003). Training and racing using a power meter: an introduction. In *Level II coaching manual* (pp. 123–145).
- Consejo General de la Educación Física y Deportiva. (2019). CÓDIGO DEONTOLÓGICO DE LA PROFESIÓN DE LA EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTIVA. *CONSEJO COLEF*.
- Delvaux, F., Schwartz, C., Decréquy, T., Devalckeneer, T., Paulus, J., Bornheim, S., Kaux, J. F., & Croisier, J. L. (2020). Influence of a Field Hamstring Eccentric Training on Muscle Strength and Flexibility. *International Journal of Sports Medicine*, 41(4), 233–241. <https://doi.org/10.1055/a-1073-7809>
- Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2017). Chronic Adaptations to Eccentric Training: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 47(5), 917–941. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0628-4>
- Ebbeling, C. B., & Clarkson, P. M. (1989). Exercise-induced muscle damage and adaptation. *Sports Medicine*, 7(4), 207–234. <https://doi.org/10.2165/00007256-198907040-00001>
- Faccioni, A., García López, D., Herrero Alonso, J. A., & De Paz Fernández, J. A. (2003). Metodología de entrenamiento pliométrico. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de La Actividad Física y El Deporte*, 3, (12): 190-204.
- Faulkner, J. A., Brooks, S. V., & Opiteck, J. A. (1993). Injury to skeletal muscle fibers during contractions: conditions of occurrence and prevention. *Physical Therapy*, 73(12), 911–921. <https://doi.org/10.1093/ptj/73.12.911>
- Fédération Internationale de Gymnastique (FIG). (2021). Aerobic Gymnastics - History. <https://www.gymnastics.sport/site/pages/disciplines/hist-aer.php>
- Feria-Madueño, A., De Pena-García, F., & Camacho-Sánchez, F. (2017). ACTIVACIÓN AGUDA EN MIEMBROS INFERIORES PARA LA MEJORA DE LA POTENCIA ANAERÓBICA MÁXIMA. *Journal of Sport and Health Research*, 9(supl 1), 109–114.

- FIG. (2024). Código De Puntuación Gimnasia Aeróbica. *Federación Internacional De Gimnasia*.
- Fridén, J., Sjöström, M., & Ekblom, B. (1983). Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. *International Journal of Sports Medicine*, 4(3), 170–176. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1026030>
- García, J. M. (1997). Comportamiento muscular en la fuerza reactiva. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 11(4), 5–12.
- García, J. M., Navarro, M., & Ruiz, J. A. (1996). *Bases teóricas del entrenamiento deportivo*. Gymnos.
- Garrett, W. E. (1990). Muscle strain injuries: clinical and basic aspects. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(4), 436–443.
- Gómez, M. A. (1997). Bases fisiológicas para mejorar la fuerza y su aplicación al trabajo pliometrico. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 4, 11–17.
- González, J. J., & Gorostiaga, E. (1995). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza*. Inde.
- Gonzalo-Skok, O., Tous-Fajardo, J., Valero-Campo, C., Berzosa, C., Bataller, A. V., Arjol-Serrano, J. L., Moras, J., & Mendez-Villanueva, A. (2017). Eccentric-Overload Training in Team-Sport Functional Performance: Constant Bilateral Vertical Versus Variable Unilateral Multidirectional Movements. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12, 951.
- Goode, A. P., Reiman, M. P., Harris, L., DeLisa, L., Kauffman, A., Beltramo, D., Poole, C., Ledbetter, L., & Taylor, A. B. (2015). Eccentric training for prevention of hamstring injuries may depend on intervention compliance: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 49(6), 349–356. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093466>
- Gual, G., Fort-Vanmeerhaeghe, A., Romero-Rodríguez, D., & Tesch, P. A. (2016). EFFECTS OF IN-SEASON INERTIAL RESISTANCE TRAINING WITH ECCENTRIC OVERLOAD IN A SPORTS POPULATION AT RISK FOR PATELLAR TENDINOPATHY. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(7), 1834.
- Hahn, D. (2018). Stretching the limits of maximal voluntary eccentric force production in vivo. *Journal of Sport and Health Science*, 7(3), 275–281. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2018.05.003>
- Heller, J., Tuma, Z., Dlouha, R., Bunc, V., & Novakova, H. (1998). Anaerobic capacity in elite male and female gymnasts. *Acta Universitatis Carolinae. Kinesiology*, 34, 75–81.

- Herda, T. J., Herda, N. D., Costa, P. B., Walter-Herda, A. A., Valdez, A. M., & Cramer, J. T. (2013). The effects of dynamic stretching on the passive properties of the muscle-tendon unit. *Journal of Sports Sciences*, 31(5):479–87.
- Hewett, T. E., Stroupe, A. L., Nance, T. A., & Noyes, F. R. (1996). Plyometric training in female athletes. *American Journal of Sports Medicine*, 24, 765–772.
- Hezhi, X., Wenfeng, Z., Xing, C., Jiabin, H., Junbing, L., Yuhua, G., Duanying, L., Guoxing, L., Hongshen, J., & Jian, S. (2022). Flywheel eccentric overload exercises versus barbell half squats for basketball players: Which is better for induction of post-activation performance enhancement? *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277432>
- Hollander, D. B., Kraemer, R. R., Kilpatrick, M. W., Ramadan, Z. G., Reeves, G. V., Francois, M., Hebert, E. P., & TRYNIECKI, A. J. L. (2007). Discrepancies Between Young Men and Women for Dynamic Resistance Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(1), 34–40.
- Kay, A. D., & Blazevich, A. J. (2012). Effect of acute static stretch on maximal muscle performance: a systematic review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(1):154–64.
- Konrad, A., Staflidis, S., & Tilp, M. (2017). Effects of acute static, ballistic, and PNF stretching exercise on the muscle and tendon tissue properties. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 27(10):1070–80.
- Konrad, Andreas, Nakamura, M., Tilp, M., Donti, O., & Behm, D. G. (2022). Foam Rolling Training Effects on Range of Motion: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 52(10), 2523–2535. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01699-8>
- Kujala, U. M., Orava, S., & Järvinen, M. (1997). Hamstring injuries. Current trends in treatment and prevention. *Sports Medicine*, 23(6), 397–404. <https://doi.org/10.2165/00007256-199723060-00005>
- Kyselovičová, O., Klimas, J., & Vadovičová, B. (1999). Changes of heart rate and ECG in specific conditions of training process in aerobic gymnastics. In *Acta Facultatis Educationis physicae Universitatis Comenianae* (No. 40).
- Kyselovičová, O., & Tibenská, M. (2007). *Heart rate as an indicator of load intensity in aerobic gymnastics training sessions during the specific preparatory period for the World championships*.
- Kyselovicova, O., Zemková, E., Olga, K., & Erika, Z. (2010). Modified Aerobic Gymnastics Routines in

Comparison With. *Sport SPA*, 7(1), 37–40.
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=sph&AN=53774683&site=ehost-live&scope=site> DP - EBSCOhost DB - sph

Lieber, R. L., Woodburn, T. M., & Fridén, J. (1991). Muscle damage induced by eccentric contractions of 25% strain. *Journal of Applied Physiology*, 70(6), 2498–2507.
<https://doi.org/10.1152/jappl.1991.70.6.2498>

Malliaropoulos, N., Mendiguchia, J., Pehlivanidis, H., Papadopoulou, S., Valle, X., Malliaras, P., & Maffulli, N. (2012). Hamstring exercises for track and field athletes: Injury and exercise biomechanics, and possible implications for exercise selection and primary prevention. *British Journal of Sports Medicine*, 46(12), 846–851. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090474>

Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I., & Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 551–555.
[https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2004\)18%3C551:RAFVOS%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2004)18%3C551:RAFVOS%3E2.0.CO;2)

Maroto-Izquierdo, S. Fernandez-Gonzalo, R. Magdi, H. R., Manzano-Rodriguez, S. González-Gallego, J., & De Paz, J. A. (2019). Comparison of the musculoskeletal effects of different iso-inertial resistance training modalities: Flywheel vs. electric-motor. *European Journal of Sports Science*, 19(9), 1184–1194. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1588920>

Maroto-Izquierdo, S., Nosaka, K., Blazeovich, A. J., González-Gallego, J., & de Paz, J. A. (2022). Cross-education effects of unilateral accentuated eccentric isoinertial resistance training on lean mass and function. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 32(4), 672.

Maroto-Izquierdo, Sergio, García-López, D., & De Paz, J. A. (2017). Functional and Muscle-Size Effects of Flywheel Resistance Training with Eccentric-Overload in Professional Handball Players. *Journal of Human Kinetics*, 60(1), 133–143. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0096>

Maroto-Izquierdo, Sergio, García-López, D., Fernandez-Gonzalo, R., Moreira, O. C., González-Gallego, J., & de Paz, J. A. (2017). Skeletal muscle functional and structural adaptations after eccentric overload flywheel resistance training: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(10), 943–951. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.03.004>

Mineva, F. P. M. (2012). Research of blood lactate concentration after double load in competition conditions (aer-10 minutes rules). In *Scientific research in aerobic gymnastics Summary 2010-2014*

(1st ed., p. 29). Scientific-13.06.2014-2.pdf (aerobic5.com)

Nelson, R. T., & Bandy, W. D. (2004). Eccentric training and static stretching improve hamstring flexibility of high school males. *Journal of Athletic Training, 39*(3), 254–258.

Norrbrand, L., Fluckey, J. D., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2008). Resistance training using eccentric overload induces early adaptations in skeletal muscle size. *European Journal of Applied Physiology, 102*(3), 271–281. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0583-8>

Núñez, F. J., Suarez-Arrones, L. J., Cater, P., & Mendez-Villanueva, A. (2017). The High-Pull Exercise: A Comparison Between a VersaPulley Flywheel Device and the Free Weight. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 12*(4), 527–532. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0059>

Nuzzo, J. L. (2020). The Case for Retiring Flexibility as a Major Component of Physical Fitness. *Sports Medicine, 50*(5), 853–870. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01248-w>

O'Brien, J., Browne, D., & Earls, D. (2020). The Effects of Different Types of Eccentric Overload Training on Strength, Speed, Power and Change of Direction in Female Basketball Players. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology, 5*(3), 50. <https://doi.org/10.3390/jfmk5030050>

Obradović, J. (2014). Motor skill analysis of some kinetic structure in Aerobics Gymnastics. *Scientific Research in Aerobic Gymnastics Summary 2010-2014 (1.a Ed.)*, 58. Scientific-13.06.2014-2.pdf (aerobic5.com)

Pagaduan, J. C., & De Blas, X. (2013). Reliability of countermovement jump performance on Chronojump-Boscosystem in male and female athletes. *Sport SPA, 10*, 5–8.

Peiró, P. S., Gálvez Galve, J. J., Ortiz Lucas, M., & Saz Tejero, S. (2011). Ejercicio Físico. *MEDICINA NATURISTA, Vol. 5*.

Perrier, E. T., Pavol, M. J., & Hoffman, M. A. (2011). The acute effects of a warm-up including static or dynamic stretching on countermovement jump height, reaction time, and flexibility. *Journal of Strength and Conditioning Research*. doi: 10.1519/jsc.0b013e3181e73959

Petré, H., Wernstål, F., & Mattsson, C. M. (2018). Effects of Flywheel Training on Strength-Related Variables: a Meta-analysis. *Sports Medicine - Open, 4*(1), 55. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s40798-018-0169-5>

Proporciona fit. (2022). *Proporciona fit*. Entrenamiento Con Sobrecarga Excéntrica. <https://proporciona->

fit.com/entrenamiento-con-sobrecarga-excentrica/

- Puiu, M., & Dragomir, A. (2020). Neuromuscular and physiological assessment during a vertical jumping test in aerobic gymnastics. *Brain. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, *11*(4Sup1), 156–166. <https://doi.org/10.18662/brain/11.4sup1/162>
- Sands, A., Friemel, F., Stone, M. H., & Cooke, C. B. (2006). Any effect of gymnastics training on upper-body and lower-body aerobic and power components in national and international male gymnasts? *Journal of Strength and Conditioning Research*, *20*(4), 899–907.
- Simplifaster. (2017). *A Buyer's Guide to Flywheel Training Equipment*. Simplifaster. <https://simplifaster.com/articles/buyers-guide-flywheel-training-equipment/>
- Suarez-Arrones, L., Núñez, F. J., Lara-Lopez, P., Di Salvo, V., & Méndez-Villanueva, A. (2020). Inertial flywheel knee- And hip-dominant hamstring strength exercises in professional soccer players: Muscle use and velocity-based (mechanical) eccentric overload. *PLoS ONE*, *15*(10 October). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239977>
- Suchomel, T. J., Wagle, J. P., Douglas, J., Taber, C. B., Harden, M., Haff, G. G., & Stone, M. . (2019). Implementing eccentric resistance training—Part 1: A brief review of existing methods. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, *4*(2):38. <https://doi.org/10.3390/jfmk4020038>
- Tesch, P. A., & Fernandez-Gonzalo, R. Lundberg, T. R. (2017). Clinical Applications of Iso-Inertial, Eccentric-Overload (YoYo™) Resistance Exercise. *Frontiers in Physiology*, *8*, 241. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00241>
- Tous-Fajardo, J., Maldonado, R. A., Quintana, J. M., Pozzo, M., & Tesch, P. A. (2006). The flywheel leg-curl machine: offering eccentric overload for hamstring development. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *1*(3), 293–298. <https://doi.org/10.1123/ijsp.1.3.293>
- Tous Fajardo, J. (1999). *Nuevas tendencias en fuerza y musculación*. Ergo.
- Velez, M. (1991). Periodización en el año de una competición del máximo nivel. In *Cuaderno de Atletismo nº 31* (pp. 121–149). Real Federación Española de Atletismo.
- Vittori, C. (1990). El entrenamiento de la fuerza para el sprint. *RED*, *4*.3:2-8.
- Wilke, J., Müller, A. L., Giesche, F., Power, G., Ahmedi, H., & Behm, D. G. (2020). Acute Effects of Foam Rolling on Range of Motion in Healthy Adults: A Systematic Review with Multilevel Meta-analysis.

Sports Medicine, 50(2), 387–402. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01205-7>

WMA. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, 310(20), 2191–2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>

Wood, S. A., Morgan, D. L., & Proske, U. (1993). Effects of repeated eccentric contractions on structure and mechanical properties of toad sartorius muscle. *The American Journal of Physiology*. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.1993.265.3.C792>

Young, W. B., Pryor, J. F., & Wilson, G. J. (1995). Effect of instructions on characteristics of countermovement and drop jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 9(4), 232–236.

Anexos

Anexo I. Aclaración del ECSE y los dispositivos YoYo™ y polea cónica

La sobrecarga excéntrica se da cuando la F excéntrica es mayor que la F concéntrica máxima. Es muy difícil lograr dicha activación muscular con acciones biomecánicas naturales y con pesos fijos que aplican resistencia en ciertos rangos y direcciones, por ello, para la realización de los ECSE destacan los dispositivos de volante inercial o los llamados “flywheel” en inglés, que fueron creados por Berg y Per Tesch en 1994 para contrarrestar el deterioro muscular y funcional causado por la ingravidez en viajes espaciales mediante el un trabajo de F que no depende de la gravedad. Estos dispositivos basan su funcionamiento en una acción concéntrica máxima que hace girar uno o varios volantes, los cuales adquieren una inercia proporcional a esa F, y generan así una sobrecarga excéntrica en el último tercio del movimiento. Así, destacan por permitir la producción de F durante todo el rango de movimiento. Los más empleados son las máquinas “YoYo™” y las poleas cónicas (Proporciona fit, 2022).

El entrenamiento de F isoinercial con YoYo™ fue introducido utilizando volante(s) giratorio(s) para proporcionar resistencia hace más de 25 años, permitiendo la realización del ejercicio con sobrecarga excéntrica. Este método de entrenamiento dio muy buenos resultados en el espacio y se transfirió al medio terrestre resultando ser todo un éxito en la mejora del rendimiento deportivo, en la prevención de lesiones y en ciertos casos en la rehabilitación neurológica u ortopédica (Tesch, Fernandez-Gonzalo y Lundberg, 2017). Tous-Fajardo et al. (2006) demostraron que mediante el ECSE con YoYo™ durante 8 semanas realizando el ejercicio del curl de isquiotibiales, la V máxima de carrera mejora y además se reduce la incidencia de distensiones de isquiotibiales.

La polea cónica permite de igual manera la realización del ejercicio con sobrecarga excéntrica, pero además, su configuración permite trabajar movimientos multiarticulares y multiplanares jugando con distintos vectores de F, favoreciendo movimientos corporales totales incluidos los patrones diagonales y de rotación, a diferencia del YoYo™ que casi se limita únicamente al ejercicio del squat (Simplifaster, 2017). La polea cónica funciona de forma similar al YoYo™ pero a diferencia de este, la polea es más versátil ya que permite modificar la resistencia ajustando el diámetro del volante en función del objetivo que se busca en la curva de F-V, desde un extremo de mucha F y baja V a otro de alta V y baja F. A menos radio (en la punta del cono) se genera un momento de inercia menor y hay menos aceleración pero con mucha

resistencia. Al contrario, si la polea está situada en la base del cono, el radio es mayor por lo que el momento de inercia también, consiguiendo ejercicios con menos resistencia a velocidades más altas.

La utilización de la polea cónica puede beneficiar el trabajo de F desde los ejercicios de rehabilitación temprana de cadena cerrada hasta el desarrollo de F y elasticidad más complejo para cada movimiento específico del deporte, posibilitando la realización de infinidad de ejercicios diferentes.

Anexo II. Declaración de consentimiento o asentimiento informados

El Consentimiento Informado es una especie de acuerdo verbal y/o escrito entre la investigadora responsable y la participante voluntaria que debe quedar registrado. La explicación escrita es crucial, por ley; se suele recoger en un documento toda la información correspondiente a la investigación, y queda firmado por la investigadora y por la participante para confirmar que otorga consentimiento para participar en el estudio. En caso de que las participantes del estudio sean menores de edad este documento es firmado por los tutores legales y se llama Asentimiento Informado.

Esto es fundamental para la protección de las personas que participan voluntariamente en las investigaciones. Es un documento de colaboración por ambas partes y conlleva un compromiso tanto por parte de la investigadora como de la participante. Primero se entrega la hoja de información de la investigación a la posible participante para que entienda de qué trata y todos sus detalles, incluidos los derechos y deberes, los posibles beneficios y riesgos de participar en ella, etc., se le pedirá que lea la hoja de información con atención y que consulte cualquier duda que le surja. El lenguaje del documento debe estar adaptado para la población que va a leer el documento; en este caso estará redactado en castellano y tendrán la opción de pedir una copia en euskera si así lo prefieren. La información debe ser clara y comprensible para que el estudio en general, el proceso de intervención y todo lo que conlleva queden realmente claros y debe darse con tiempo suficiente para que la participante pueda reflexionar y decidir libremente con anterioridad, sin sentirse presionada. Al final del mismo documento se encuentran los actas de consentimiento y asentimiento informados, que deben ser firmados en caso de aceptar participar en la intervención.

Los consentimientos serán custodiados exclusivamente por los investigadores responsables de la investigación, con copias físicas y digitales.

Ninguna investigación puede llevarse a cabo éticamente si los participantes no son informados adecuadamente sobre la investigación, y los aspectos que conlleva su participación.

El documento completo se puede abrir pinchando el siguiente enlace:

https://drive.google.com/file/d/1N8zd7D1PbiaiQ6oYOTB9M9Fpaq_3Af9b/view?usp=sharing

DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO/ASENTIMIENTO INFORMADO

Yo, D. /Dña., con DNI nº.....
de años de edad, de nacionalidad....., y con domicilio en
.....,..... consiento participar en la investigación llevada a cabo por Kimberly
Lopez de Arechaga Biallostowski denominada: “Efectos del entrenamiento con sobrecarga
excéntrica para la mejora de la amplitud del movimiento y del salto vertical en el rendimiento
de la gimnasia aeróbica competitiva”.

SI ES MENOR DE EDAD:

Yo, D. /Dña., con DNI nº.....
como tutor/a legal de de años de edad y con DNI
nº, de nacionalidad....., y con domicilio en
..... autorizo a mi hija (menor) a participar como voluntaria en la investigación
llevada a cabo por Kimberly Lopez de Arechaga Biallostowski denominada: “Efectos del
entrenamiento con sobrecarga excéntrica para la mejora de la amplitud del movimiento y del
salto vertical en el rendimiento de la gimnasia aeróbica competitiva”.

Manifiesto que he leído y entendido la hoja de información que se me ha entregado
con todo su contenido, que he sido adecuadamente informada de las dudas que me han
surgido sobre el proyecto y que he recibido una copia de este documento ya firmado libre y
voluntariamente.

Comprendo que mi participación es totalmente voluntaria, que puedo retirarme del
estudio en cualquier momento sin tener que dar explicaciones y sin que esto repercute en mis
cuidados médicos.

He sido también informado/a de que mis datos personales serán protegidos e incluidos
en un fichero que deberá estar sometido a y con las garantías del Reglamento General de
Protección de Datos (RGPD), que entró en vigor el 25 de mayo de 2018 que supone la
derogación de Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre referidos a la protección de las
personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales.

Figura 14. Consentimiento informado, parte 1.

Actuando en nombre e interés propio, declaro que:

- He leído la hoja de información que me han facilitado.
- He podido formular las preguntas que he considerado necesarias acerca del estudio.
- He recibido información del Patrocinante y del Comité Ético Científico.
- He recibido información adecuada y suficiente por la investigadora sobre:
 - Los objetivos y propósitos del estudio y sus procedimientos.
 - La modalidad de participación, y los riesgos y beneficios del proceso.
 - Que mi participación es voluntaria y altruista.
 - El procedimiento y la finalidad con que se utilizarán mis datos personales y las garantías de cumplimiento de la legalidad vigente.
 - Que en cualquier momento puedo revocar mi consentimiento (sin necesidad de explicar el motivo y sin que ello afecte a mi atención médica) y solicitar la eliminación de mis datos personales.
 - Que tengo derecho de acceso y rectificación a mis datos personales.
 - Que tengo derecho a conocer los resultados y a conocer el método de difusión de los mismos.

CONSIENTO EN LA PARTICIPACIÓN EN EL PRESENTE ESTUDIO

SÍ NO

(marcar lo que corresponda)

Tomando ello en consideración, OTORGO mi CONSENTIMIENTO para cubrir los objetivos especificados en el proyecto. **Para dejar constancia de todo ello, firmo a continuación:**

Fecha

Firma (en caso de menor de edad, de la menor y de el/la tutor/a legal).....

Nombre investigadora

Firma del investigadora.....

En Arrasate, a 28 de Junio de 2023

Figura 15. Consentimiento informado, parte 2.

APARTADO PARA LA REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO

Yo,

revoco el consentimiento de participación en el proceso, arriba firmado.

Firma y Fecha de la revocación

Figura 16. Revocación del consentimiento informado.

Anexo III. Tests para la valoración del salto vertical

A nivel general, los tests de saltos verticales sobre una plataforma de contacto, tienen como objetivo valorar las características morfohistológicas (tipos de fibra muscular), funcionales (P y altura de saltos) y neuromusculares (aprovechamiento de la energía elástica y del reflejo miotático) de la musculatura extensora de las EEII (Bosco et al., 1983), mediante un protocolo rigurosamente estandarizado.

La plataforma de contacto utilizada para valorar el salto vertical será la de Chronojump Boscosystem DIN-A2 (420 x 590 mm), que logró buenos resultados de confiabilidad en el CMJ tanto para atletas masculinos como femeninos (Pagaduan y De Blas, 2013), y que permitirá obtener de cada salto su altura (cm), tiempos de vuelo y de contacto (s), P (W), V inicial (m/s), y el llamado “Stiffness”, que se traduce al castellano como rigidez. El software de Chronojump permite obtener el perfil de F-V o el perfil de F completo de las EEII de cada gimnasta como el que se presenta en la siguiente gráfica (*figura 17*) por ejemplo. Cada gimnasta obtendrá diferentes porcentajes en los siguientes apartados o expresiones de la F, según cómo sea su distribución.

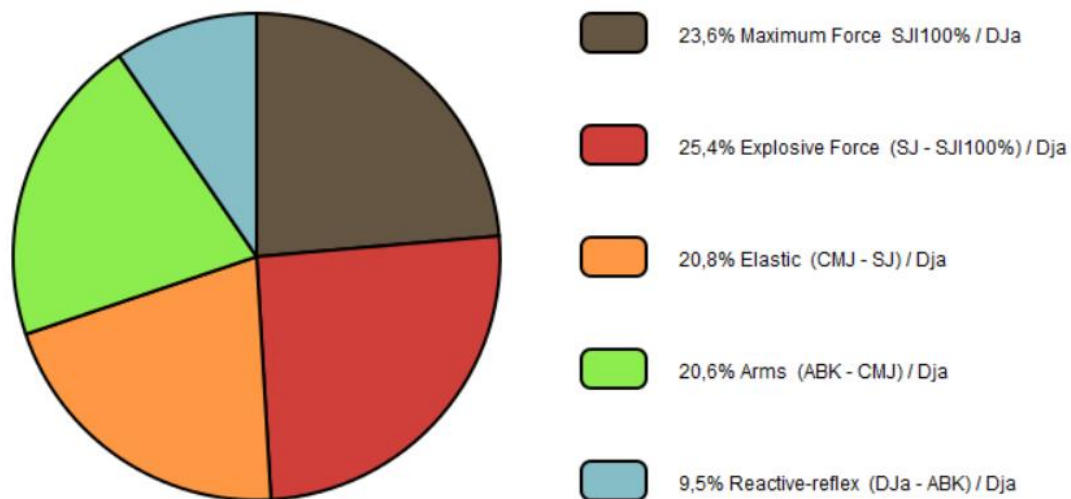


Figura 17. Análisis del perfil de F con Chronojump

De los valores facilitados por el programa interesan la altura del salto (cm), el tiempo de contacto (s) y la P (W). Para la valoración se necesitarán 2 PCs y las plataformas de contacto con el chronopic; uno de los cables (el RCA) se conecta por un extremo al chronopic y por el otro a la plataforma de contacto, y el cable USB conecta el chronopic al PC. Antes de iniciar el test se debe abrir el programa Chronojump Boscosystem versión 2.0 en el PC, seleccionar la opción de saltos y después la opción múltiple. A continuación se deberá configurar el dispositivo y seleccionar la opción de saltos/carreras y pinchar en “close window”. Primero se deberá de crear una nueva sesión en el programa (se creará una sesión por cada valoración y grupo en cada uno de los PCs, en uno las sesiones de valoración de los saltos CMJ y Abalakov y en el otro las del test AG II) y después se creará el perfil de cada una de las gimnastas en la sección de crear, introduciendo el nombre completo, el sexo (femenino en todos los casos) y el peso en kg de cada una de ellas. Cuando esté el perfil creado, en la parte superior e izquierda de la pantalla se clicará el botón de configuración y se seleccionarán los tipos de saltos a ejecutar, primero el CMJ y seguido el Abalakov (en caso del test AG II se seleccionará el de multisaltos). Para ejecutar cualquiera de las pruebas de salto, después de seleccionar el tipo de salto se le pedirá a la gimnasta que se coloque sobre la plataforma y se clicará en el botón donde aparece el símbolo del cronómetro para registrar el salto. Cuando se hayan realizado los saltos, siempre que se quiera se pueden observar los resultados de todos los saltos, de forma gráfica o en formato tabla.

Anexo IV. Tests para la valoración de la ADM

El balance articular aporta información muy valiosa sobre la funcionalidad de las cadenas articulares y musculares correspondientes a los miembros. La goniometría se conoce como la ciencia y técnica de la

medida de ángulos y consiste en medir la situación de un segmento corporal con relación a otro separado del primero por la articulación estudiada, o con relación a un elemento de referencia constante como podría ser la vertical. Se realiza con un aparato llamado goniómetro, que los hay de diferentes tipos: de brazos (los hay de diferentes tamaños), de dedos, goniómetros digitales y goniómetros electrónicos. Hoy en día existen diversas aplicaciones destinadas a las ciencias del deporte y de la salud que disponen de goniómetro, y en este estudio se realizará la goniometría mediante el software de Kinovea, que permite medir el ángulo entre dos líneas trazadas sobre una captura de vídeo.

La medición o balance se realizará en plano sagital de movimiento de flexo- extensión de las articulaciones de la cadera (las coxofemorales), de forma activa (movimiento efectuado por la propia gimnasta sin ayuda exterior) con la realización de un split jump, y de forma pasiva (movimiento efectuado de forma asistida, en este caso, asistida por la gravedad contra en suelo) con la ejecución de un split/espagat. Se grabarán en vídeo los elementos split/espagat y split jump del lado lateral de la pierna de atrás (no dominante) de la gimnasta con el teléfono móvil, y después estos vídeos se cargarán al software Kinovea mediante un cable USB para después ahí analizarlos. En el software se abrirá cada vídeo uno por uno y se trazará en cada uno de ellos un ángulo entre dos líneas rectas que irán desde el centro de la cadera (un punto en el lugar de la sínfisis púbica) hacia las rodillas (parte interna en la pierna delantera y externa en la trasera). La apreciación/lectura angular se realizará de forma directa, partiendo de una posición articular de referencia (posición 0) donde las articulaciones de la cadera parten de 0º, con ambas EEII juntas/cerradas.

Para que los resultados sean más exactos siempre se debe valorar de la misma manera, la cámara siempre se colocará a la misma distancia de la gimnasta con un trípode (siempre a la misma altura). Cada una realizará siempre 3 veces cada elemento y se escogerá el mejor valor de todos.

Anexo V. Ejercicios del ECSE con polea cónica

Según Feria-Madueño et al. (2017) la realización de un ejercicio excéntrico de flexores de rodilla provoca una activación del sistema nervioso central, produciendo una sobreactivación y mayor reclutamiento de motoneuronas en el tren inferior, provocando una mejora en la P anaeróbica del tren inferior. Por ello y porque es una musculatura que hay que fortalecer para el salto vertical y al mismo tiempo flexibilizar para la ADM, se ha creído oportuno seleccionar un par de ejercicios de isquiotibiales para el ECSE.

Un ejercicio de flexores de cadera se ha creído también necesario, ya que más del 90% de los elementos de dificultad del grupo de saltos en la GA requiere una flexión de cadera de al menos 90º, por lo menos en una de las dos articulaciones coxofemorales (FIG, 2024).

Blache y Monteil (2014) confirmaron que el erector de la columna debe ser considerado como un extensor del tronco, lo que permite potenciar el trabajo muscular total y consecuentemente la altura del salto vertical. Es por ello, por lo que se han escogido 2 de 3 ejercicios en bipedestación, por un lado porque son más específicos a la disciplina deportiva, y por otro, porque en bipedestación se trabaja también la activación de la musculatura estabilizadora, con una mayor activación de los erectores de la columna.

Ambos ejercicios se ejecutarán solo con la extremidad dominante, por las siguientes razones:

- Por no duplicar el volumen del ECSE.
- Porque en principio para realizar una buena rutina de competición no se exige la realización de los elementos con ambas extremidades o una de ellas en concreto, sino que cada gimnasta lo hace con su pierna dominante.
- Porque si las conclusiones del estudio de Maroto-Izquierdo et al. (2022), que exponen que el entrenamiento de sobrecarga excéntrica unilateral produce aumentos en la fuerza máxima, masa magra, potencia muscular y la altura del salto vertical unilateral con el fenómeno de la educación cruzada, son acertadas, trabajando sólo con una extremidad también mejorarían las condiciones de la otra.

La aplicación del vector de fuerza puede jugar un papel clave para desarrollar adaptaciones funcionales diferentes y específicas, por lo que la altura y dirección del cable de la polea va a ser un punto importante a cumplir de la forma en la que se describe para cada ejercicio:

- Extensión de cadera unipodal con rodillas extendidas en bipedestación. Se realiza con las rodillas extendidas, ya que de esta manera es más específico. Esto activará más el semitendinoso y la parte proximal del bíceps femoral. El extremo del cable se colocará en el pie (el pie permanecerá en flexión plantar durante la ejecución del ejercicio), y el enganche de la polea ha de colocarse anterior a la gimnasta, a un punto superior a la altura de su cadera. El movimiento comenzará desde una flexión de cadera de unos 110º (el cable en tensión) y a partir de ahí se deberá bajar y

extender la pierna hacia posterior. la pierna de apoyo en el suelo estará totalmente extendida y el abdomen contraído para estabilizar.

- Extensión de cadera unipodal en decúbito supino (catapult). El enganche de la polea se colocará en la parte más baja del poste, y la gimnasta se tumbará boca arriba en el suelo con la cabeza en el lado más cercano de la cónica (la polea debe quedar justo detrás y un poco más arriba que la posición de su cabeza). La pierna no dominante se colocará totalmente extendida y apoyada en el suelo y permanecerá en esa posición durante la ejecución del ejercicio, mientras que la pierna dominante comenzará en una flexión de cadera de unos 110° o incluso un poco más si la gimnasta es muy flexible y controla el movimiento (esto se acabará de concretar en las sesiones de familiarización) con el extremo del cable atado al tobillo (el pie permanecerá en flexión plantar durante la ejecución del ejercicio) y deberá bajar el pie hasta el suelo (hasta que la pierna que trabaja quede paralela a la otra) y volver a la posición inicial manteniendo la rodilla extendida.
- Flexión de cadera unilateral con rodilla flexionada en bipedestación. Esta vez la gimnasta se colocará de espaldas al poste de la cónica. El enganche de la polea se colocará en la parte más baja del poste, y se partirá el ejercicio desde una extensión de cadera con la rodilla extendida de la pierna dominante (la pierna no dominante será la de apoyo y esta se colocará sobre un banco o cajón para tirar el vector de F hacia arriba, con una semiflexión de rodilla y una ligera inclinación anterior del tronco para estabilizar). El extremo del cable se colocará en el pie dominante (el pie permanecerá en flexión plantar durante la ejecución del ejercicio), y la acción será llevar la pierna dominante a una flexión de cadera y de rodilla de unos 90° al mismo tiempo que se extiende del todo la extremidad de apoyo.