Tesis Doctoral en Ciencias de la Actividad Física y
del Deporte

“Valoración de la fuerza estática en Gimnasia Artística Masculina: Aplicación en el aparato de anillas”

Benjamín Bango Melcón

Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

2017

POLITÉCNICA

Tesis Doctoral en Ciencias de la Actividad Física y
del Deporte

“Valoración de la fuerza estática en Gimnasia Artística Masculina: Aplicación en el aparato de anillas”

Benjamín Bango Melcón

Dirigida por:

Ignacio Grande Rodríguez. Doctor en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.
Departamento de Deportes de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del
Deporte (INEF). Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

Manuel Sillero Quintana. Doctor en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.
Departamento de Deportes de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del
Deporte (INEF). Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

Madrid, 2017

TRIBUNAL DE LA TESIS

Tribunal nombrado por el Mgfco. y Excmo. Sr. Rector de la Universidad Politécnica de Madrid, el día _____

Presidente D. _____

Vocal D. _____

Vocal D. _____

Vocal D. _____

Secretaria Dña. _____

Realizado el acto de defensa y lectura de Tesis el día, _____
en _____

Calificación: _____

EL PRESIDENTE

LOS VOCALES

EL SECRETARIO

Prof. Ignacio Grande Rodríguez

Profesor Titular de Universidad

Departamento de Deportes

Facultad de Ciencias de la Actividad
Física y del Deporte

Universidad Politécnica de Madrid

Prof. Manuel Sillero Quintana

Profesor Titular de Universidad

Departamento de Deportes

Facultad de Ciencias de la Actividad
Física y del Deporte

Universidad Politécnica de Madrid

CERTIFICAN:

Que, la Tesis titulada “Valoración de la fuerza estática en Gimnasia Artística Masculina: Aplicación en el aparato de anillas”, cuyo autor es el Doctorando D. Benjamín Bango Melcón, posee el nivel metodológico y rigor científico necesario para proceder a su lectura y defensa.

Damos por tanto nuestro consentimiento y autorización para proceder a los trámites necesarios para la citada lectura y defensa.

Madrid, 29 de Junio de 2017

Fdo. Ignacio Grande Rodríguez

Fdo. Manuel Sillero Quintana

“Lo mejor que tienen los sueños es que se pueden hacer realidad.”

Barón Pierre de Cubertin

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar en las siguientes líneas mi agradecimiento a aquellas entidades y personas sin cuya colaboración y ayuda no hubiera sido posible la realización de esta tesis doctoral.

A la UPM por la oportunidad de cursar su Máster de Investigación y poder formarme en el trabajo de investigar.

Al INEF de Madrid que me facilitó la parte esencial del instrumental necesario para las mediciones y especialmente al Departamento de Deportes, por confiar en mí como docente investigador, así como por el respaldo y ánimo de mis compañeros.

A la RFEG y al CSD que pusieron a mi alcance los medios materiales y personales para que realizara todas las pruebas necesarias sin poner ningún obstáculo.

A los Doctores Ignacio Grande Rodríguez y Manuel Sillero Quintana, directores de esta tesis doctoral, por su ayuda y consejos a lo largo de todo el proceso de investigación, sin ellos no hubiera sido posible superar lo que ellos me plantearon como un reto y por lo que siempre les estaré agradecido.

A D. Fernando Síscar Estívalis, seleccionador nacional de Gimnasia Artística Masculina, por sus importantes sugerencias para la realización del estudio, así como el apoyo y ánimo prestado en todo momento.

A todos los gimnastas participantes por su colaboración, máxima motivación y entrega en la realización de las pruebas, fundamentales para éste estudio: Isaac Botella, Rayderley Zapata, Iván San Miguel, Javier Gómez, Néstor Abad, Rubén López, Alberto Tallón, Adriá Vera, Andrés Martín, Joel Plata, Kevin Traid, Héctor Torregrosa, Nabil El Aoual, Arkaitz García, Julián Pérez, Cristian Bazán, Borja Torregrosa, Roberto Álvarez, Fabián González, Timur Garau, Gonzalo Alba, Adrián Martínez, Ignacio Losantos, Javier Hinojosa, Jeroni Casasas y Manuel Carballo. MUCHAS GRACIAS.

A María José por su apoyo incondicional, porque sin ella esta tesis doctoral no hubiera existido, y por hacer de mí alguien mejor cada día.

Y, por último, a mis padres, por ser para mí el modelo de esfuerzo, constancia y sabiduría; modelo que, además de inspirarme en otros muchos desafíos, me ha llevado a la realización de este trabajo.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS.

1RM	Una Repetición Máxima
AE	Anillas de Entrenamiento
C f-t	Curva fuerza-tiempo
C f-v	Curva fuerza-velocidad
CA	Cristo en Ángulo
CAR	Centro de Alto Rendimiento
CE	Cristo Extendido
CEA	Ciclo Estiramiento Acortamiento
CI	Cristo Invertido
cm	Centímetro
CMJ	Counter Movement Jump
col	Colaboradores
COP	Centro de Presiones
CP	Código de Puntuación
CPT	Cross Performance Test – Test de Evaluación del Cristo
CSD	Consejo Superior de Deportes
CV	Cristo en V
D	Dificultad
DAR	Deportistas de Alto Rendimiento
DJ	Drop Jump
E	Ejecución
EC	Comité Ejecutivo
EMG	Electromiografía
FB	FitBall
FDM	Fuerza Dinámica Máxima
FEM	Fuerza Explosiva Máxima
FIG	Federación Internacional de Gimnasia
FIM	Fuerza Isométrica Máxima
GA	Gimnasia Artística
GAM	Gimnasia Artística Masculina

GE	Grupo de Elementos del Código de Puntuación
GR	Gimnasia Rítmica
Hz	Herzios
INEF	Instituto Nacional de Educación Física
JJO	Juegos Olímpicos
kg	Kilogramo
LCPT	L-sit Cross Performance Test –Test de Evaluación del Cristo en Ángulo
M	Mariposa
m	Metro
MI	Mariposa Invertida
ms	Milisegundos
N	Newtons
ND	Nota de Dificultad
NE	Nota de Ejecución
NF	Nota Final
P	Peso
PF	Plataforma de Fuerzas
PMF	Pico Máximo de Fuerza
RFD	Rate of Force Development
RFEG	Real Federación Española de Gimnasia
RST	Rings strength test – test de fuerza de anillas
RT	Reglamento Técnico
s	Segundo
SJ	Squat Jump
SPT	Swallow Performance Test – Test de Evaluación de la Mariposa
TC	Tiempo de Contacto
TCs	Comités Técnicos
TV	Tiempo de Vuelo
UPM	Universidad Politécnica de Madrid
VC	Coeficiente: tiempo de vuelo / tiempo de contacto
W	Watio

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN.....	- 1 -
1.1	CARACTERÍSTICAS DE LA GIMNASIA COMO DEPORTE.....	- 4 -
1.1.1	VALORACIÓN DE LOS EJERCICIOS DE COMPETICIÓN.....	- 6 -
1.1.2	APARATOS.....	- 8 -
1.1.3	ANILLAS.....	- 11 -
1.1.4	ELEMENTOS DE FUERZA.....	- 12 -
1.2	INVESTIGACIÓN EN EL ÁMBITO DE LA GIMNASIA.....	- 15 -
1.2.1	PUBLICACIONES EN EL ÁMBITO INTERNACIONAL.....	- 15 -
1.2.2	PUBLICACIONES EN ESPAÑA.....	- 19 -
1.3	EL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA EN GIMNASIA.....	- 22 -
1.3.1	CONCEPTO DE FUERZA Y TIPOS.....	- 22 -
1.3.2	FUERZA ESTÁTICA EN GIMNASIA.....	- 31 -
1.3.3	POSICIONES DE FUERZA ESTÁTICA EN LAS ANILLAS.....	- 32 -
1.3.4	CUANTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LA FUERZA EN ANILLAS.....	- 38 -
1.3.4.1	ELECTROMIOGRAFÍA.....	- 41 -
1.3.4.2	PLATAFORMAS DE FUERZAS.....	- 42 -
1.3.4.3	GALGAS EXTENSIOMÉTRICAS.....	- 44 -
2.	HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	- 47 -
2.1	HIPÓTESIS DEL TRABAJO.....	- 47 -
2.2	OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	- 47 -
3.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	- 49 -
3.1	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ESTUDIO.....	- 49 -

3.2	ESTRUCTURA PARA EL DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA.	- 52 -
3.3	FASES DEL ESTUDIO.....	- 53 -
3.3.1	FASE 1: EVALUACIÓN DE LA FUERZA MEDIANTE PLATAFORMA DE FUERZAS DE LA POSICIÓN MARIPOSA.....	- 53 -
3.3.1.1	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA.	- 53 -
3.3.1.2	MATERIALES.	- 54 -
3.3.1.3	METODOLOGÍA PARA EL REGISTRO.....	- 56 -
3.3.1.4	CÁLCULO DE VARIABLES.....	- 57 -
3.3.2	FASE 2: EVALUACIÓN DE LA FUERZA MEDIANTE PLATAFORMA DE FUERZAS DE LA POSICIÓN CRISTO EN ÁNGULO.....	- 62 -
3.3.2.1	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA.	- 62 -
3.3.2.2	MATERIALES.	- 63 -
3.3.2.3	METODOLOGÍA PARA EL REGISTRO.....	- 63 -
3.3.2.4	CÁLCULO DE VARIABLES.....	- 65 -
3.3.3	FASE 3: EVALUACIÓN DE LA FUERZA MEDIANTE USO COMBINADO DE PF Y GE DE LAS POSICIONES M, CE Y CA.....	- 66 -
3.3.3.1	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA.	- 66 -
3.3.3.2	MATERIALES.	- 67 -
3.3.3.3	METODOLOGÍA PARA EL REGISTRO.....	- 68 -
3.3.3.4	CÁLCULO DE VARIABLES.....	- 70 -
3.4	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	- 70 -
4.	RESULTADOS.	- 73 -
4.1	FASE 1: EVALUACIÓN DE LA FUERZA MEDIANTE PLATAFORMA DE FUERZAS DE LA POSICIÓN MARIPOSA.....	- 73 -

4.2	FASE 2: EVALUACIÓN DE LA FUERZA MEDIANTE PLATAFORMA DE FUERZAS DE LA POSICIÓN CRISTO EN ÁNGULO.....	- 76 -
4.3	FASE 3: EVALUACIÓN DE LA FUERZA MEDIANTE USO COMBINADO DE PF Y GE DE LAS POSICIONES M, CE Y CA.....	- 78 -
5.	DISCUSIÓN.....	- 87 -
5.1	FASE 1: EVALUACIÓN DE LA FUERZA MEDIANTE PLATAFORMA DE FUERZAS DE LA POSICIÓN MARIPOSA.....	- 87 -
5.1.1	METODOLOGÍA.....	- 87 -
5.1.2	VARIABLES.....	- 88 -
5.1.3	FIABILIDAD.....	- 90 -
5.1.4	REALIZADORES VERSUS NO REALIZADORES.....	- 90 -
5.1.5	NIVEL MÍNIMO DE FUERZA.....	- 92 -
5.2	FASE 2: EVALUACIÓN DE LA FUERZA MEDIANTE PLATAFORMA DE FUERZAS DE LA POSICIÓN CRISTO EN ÁNGULO.....	- 94 -
5.2.1	METODOLOGÍA.....	- 94 -
5.2.2	VARIABLES.....	- 95 -
5.2.3	FIABILIDAD.....	- 96 -
5.2.4	REALIZADORES VERSUS NO REALIZADORES.....	- 96 -
5.2.5	NIVEL MÍNIMO DE FUERZA.....	- 98 -
5.3	FASE 3: EVALUACIÓN DE LA FUERZA MEDIANTE USO COMBINADO DE PF Y GE DE LAS POSICIONES M, CE Y CA.....	- 99 -
5.3.1	METODOLOGÍA.....	- 99 -
5.3.2	VARIABLES.....	- 101 -
5.3.3	FIABILIDAD.....	- 104 -
5.3.4	REALIZADORES VERSUS NO REALIZADORES.....	- 104 -

5.3.5	NIVEL MÍNIMO DE FUERZA.....	- 106 -
6.	CONCLUSIONES.....	- 109 -
7.	LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	- 111 -
8.	FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	- 113 -
9.	REFERENCIAS.....	- 115 -
10.	ANEXOS.....	- 125 -
10.1	ANEXO 1: PRUEBAS PILOTO.....	- 125 -
10.2	ANEXO 2: CONSENTIMIENTO INFORMADO.....	- 135 -
10.3	ANEXO 3: ARTÍCULOS Y COMUNICACIONES.....	- 137 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Caracterización del valor de dificultad de los elementos presentes en el Código de Puntuación (Adaptado de FIG, 2017).....	- 7 -
Tabla 2. Deducciones aplicadas a los ejercicios de competición (Adaptado FIG, 2017).....	- 8 -
Tabla 3. Distribución de los elementos de anillas definidos en el Código de Puntuación por grupo y por valor de dificultad.	- 13 -
Tabla 4. Valores porcentuales extraídos del Código de Puntuación de la distribución del número de elementos de anillas por cada uno de los grupos.....	- 14 -
Tabla 5. Valores porcentuales extraídos del Código de Puntuación de la distribución del número de elementos por valor de dificultad.....	- 14 -
Tabla 6. Deducciones aplicadas por desvíos angulares y de tiempo de parada de los elementos de fuerza y mantenimiento (Adaptado de FIG, 2017)..	- 32 -
Tabla 7. Distribución de las posiciones de fuerza estática en anillas definidas en el Código de Puntuación por número y por valor de dificultad.	- 36 -
Tabla 8. Características de edad (años), talla (m) y masa (kg) de la muestra de gimnastas Realizadores y No Realizadores de la posición Mariposa. -	- 73 -
Tabla 9. Resultados de las variables generales y específicas de la Fase 1.....	- 74 -
Tabla 10. Estudio de la fiabilidad a través del Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI) y el Coeficiente de Variación del Error Típico de la Media (CVETM) de las mediciones de las variables específicas.	- 74 -
Tabla 11. Resultados de las variables generales diferenciadas por grupos de gimnastas Realizadores (n=4) y No Realizadores (n=4) de la posición Mariposa.	- 75 -

Tabla 12. Características de edad (años), altura (cm), masa (kg) y experiencia (años) de la muestra de gimnastas Realizadores y No Realizadores de la posición Cristo en Ángulo.	- 76 -
Tabla 13. Características generales de los gimnastas Realizadores y No Realizadores participantes en el test de las posiciones Cristo Extendido y Cristo en Ángulo de la fase 3. Se muestran las medias y desviaciones estándar de cada variable (Media $\pm$ SD).	- 78 -
Tabla 14. Características generales de los gimnastas Realizadores y No Realizadores participantes en el test de la posición Mariposa de la fase 3. Se muestran las medias y desviaciones típicas de cada variable (Media $\pm$ SD)....	- 79 -
Tabla 15. Índices de Correlación Intraclass entre los dos intentos de las mediciones de Fuerza Isométrica media con la Plataforma de Fuerzas y las Galgas Extensiométricas de los test de las posiciones Cristo Extendido, Cristo en Ángulo y Mariposa.....	- 79 -
Tabla 16. Índices de Correlación de Pearson de las variables entre las mediciones con Plataforma de Fuerzas y Galgas Extensiométricas de los test de las posiciones Cristo Extendido, Cristo en Ángulo y Mariposa.....	- 80 -
Tabla 17. Resultados de las diferencias en la variable pendiente (N/s) entre las medidas de gimnastas Realizadores y No Realizadores de los test de las posiciones Cristo Extendido, Cristo en Ángulo y Mariposa, medidos con Plataforma de Fuerzas y Galgas Extensiométricas.	- 82 -
Tabla 18. Índices de Correlación de Pearson y niveles de significación de las variables que correlacionaron significativamente en los test de Mariposa con los dos instrumentos de medición.	- 83 -
Tabla 19. Índices de Correlación de Pearson y niveles de significación de las variables que correlacionaron significativamente en los test de Cristo en Ángulo y con los dos instrumentos de medición.	- 84 -

Tabla 20. Índices de Correlación de Pearson y niveles de significación entre las características del grupo y las variables de fuerza que correlacionaron significativamente en los test de Cristo Extendido medidos con las Galgas Extensiométricas. - 85 -

Tabla 21. Índices de Correlación de Pearson y niveles de significación entre la fuerza isométrica aplicada en los test de Cristo Extendido, Cristo en Ángulo y Mariposa. - 86 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Características de la manifestación de la fuerza en el deporte (González-Badillo, 2000).....	- 26 -
Figura 2. Valores de Fuerza Dinámica Máxima Relativa: cuando la carga es inferior a la Fuerza Isométrica Máxima o la Fuerza Dinámica Máxima, el Pico Máximo de Fuerza que se puede alcanzar será progresivamente menor (González-Badillo y Gorostiaga, 2000).	- 27 -
Figura 3. Estructura de las cualidades de la fuerza (Adaptado de Arkev y Suchilin, 2004).....	- 30 -
Figura 4. Suspensión dorsal horizontal (izquierda) y suspensión facial horizontal (derecha) (Adaptado de FIG, 2017).....	- 34 -
Figura 5. Apoyo Facial Horizontal piernas abiertas (izquierda) y Apoyo Facial Horizontal (derecha) (Adaptado de FIG, 2017).	- 35 -
Figura 6. Apoyos con brazos exteriores y horizontales: a) Cristo; b) Cristo Invertido; c) Mariposa; d) Mariposa Invertida (Adaptado de FIG, 2017).....	- 35 -
Figura 7. Posiciones estáticas de anillas seleccionadas para su estudio: a) Mariposa (M); b) Cristo Extendido (CE); c) Cristo en Ángulo (CA) (*Archivo fotográfico RFEG).	- 38 -
Figura 8. Imágenes de medios de entrenamiento: a) Cinturón con poleas; b) Dispositivo con apoyo de antebrazo; c) Mariposa en tendido supino con mancuernas (Adaptado de Carrara y Mochizuki, 2008 y Gorosito, 2013).....	- 40 -
Figura 9. Dispositivos y medios específicos de entrenamiento: a) Cinturón con contrapeso; b) Mariposa en tendido supino con barra; c) Mariposa en tendido supino con anillas lastradas (Hübner y Schärer, 2015).....	- 40 -

Figura 10. Elemento técnico Azarian (Adaptado de Bernasconi y col., 2006).	- 41 -
Figura 11. Posición, dispositivos y medios específicos de entrenamiento: a) Mariposa; b) Mariposa en tendido supino con mancuernas; c) Mariposa en tendido supino declinado con barra; d) Cinturón con contrapesos (Adaptado de Bernasconi y col., 2009).....	- 42 -
Figura 12. Plataformas de Fuerzas sobre soportes para evaluar un Cristo simulado (Dunlavy y col., 2007).....	- 43 -
Figura 13. Instalación de Galgas Extensiométricas en los cables de las anillas (Adaptado de Brewin, Yeadon y Kerwin, 2000).	- 44 -
Figura 14. Bases para el desarrollo de la metodología del estudio.....	- 50 -
Figura 15. Esquema de pautas para la realización de pruebas de valoración de fuerza en gimnastas de Alto Rendimiento del Proyecto de Investigación del Consejo Superior de Deportes (045/UPB10/12).....	- 51 -
Figura 16. Detalle del ajuste de la altura de las anillas y disposición del material para la realización de las pruebas.	- 55 -
Figura 17. Gimnasta ejecutando el Test de Fuerza de Anillas (RST) con un lastre incorporado.....	- 55 -
Figura 18. Detalle del uso de un cinturón lastrado como peso añadido en el calibrado de la Plataforma de Fuerzas permitiendo registros de fuerza negativos.	- 56 -
Figura 19. Gimnasta realizando una Mariposa (M) en las anillas (*Archivo fotográfico RFEG).	- 56 -
Figura 20. Protocolo de realización del Test de Evaluación de la Mariposa (SPT).	- 57 -

Figura 21. Determinación de la Pendiente (Pte), Fuerza Isométrica Máxima (FIM) y Fuerza Isométrica media (FImed) mediante la Curva fuerza-tiempo (C f-t).	- 58 -
Figura 22. Procedimiento para calcular el valor del intervalo de tiempo de 2 segundos de la Fuerza Isométrica media (FImed).	- 60 -
Figura 23. Obtención de las variables Fuerza Isométrica Máxima (FIM) y Fuerza Isométrica media (FImed) en parámetros específicos de este instrumento de medición.....	- 61 -
Figura 24. Ejemplo del cálculo de las variables Fuerza Isométrica Máxima (FIM) y Fuerza Isométrica media (FImed) en porcentaje (%) de peso corporal y de fuerza por kilogramo de masa (N/kg).	- 62 -
Figura 25. Gimnasta realizando un Cristo en Ángulo (CA) en anillas (*Archivo fotográfico RFEG).....	- 64 -
Figura 26. Protocolo de realización del Test de Evaluación del Cristo en Ángulo (LCPT).	- 65 -
Figura 27. Materiales empleados para las mediciones de posiciones de fuerza mantenida en las anillas combinando el uso de Plataforma de Fuerzas y Galgas Extensiométricas.	- 68 -
Figura 28. Aplicación del protocolo y curvas fuerza-tiempo de los test de evaluación de fuerza en anillas mediante el uso combinado de Plataforma de Fuerzas (izquierda) y Galgas Extensiométricas (derecha).	- 69 -
Figura 29. Resultados de las variables que mostraron diferencias significativas entre gimnastas Realizadores y No Realizadores del test de la posición Mariposa.	- 76 -
Figura 30. Fuerza Isométrica Máxima y Fuerza Isométrica media de gimnastas Realizadores y No Realizadores de la posición Cristo en Ángulo.....	- 77 -

Figura 31. Curvas de distribución de la Fuerza Isométrica Máxima (a) y Fuerza Isométrica media (b). Gimnastas No Realizadores representados por la línea continua y Realizadores por la línea discontinua.	- 77 -
Figura 32. Resultados de las variables que mostraron diferencias entre las medidas en N/kg de gimnastas Realizadores y No Realizadores de los test de la posición Cristo Extendido y Cristo en Ángulo con Plataforma de Fuerzas y Galgas Extensiométricas.	- 81 -
Figura 33. Resultados de las variables que mostraron diferencias entre las medidas en N/kg de gimnastas Realizadores y No Realizadores del test de la posición Mariposa con Plataforma de Fuerzas y Galgas Extensiométricas.	- 81 -
Figura 34. Gráfica de las medias de los valores directos obtenidos con Plataforma de Fuerzas de gimnastas Realizadores y No Realizadores en las variables generales de aplicación de fuerza en la posición Mariposa.	- 92 -
Figura 35. Imágenes de posibles desviaciones respecto a la posición adecuada del gimnasta en la realización de la Mariposa en las anillas (Adaptado de FIG, 2017).	- 93 -
Figura 36. Comparación de la Fuerza Isométrica media entre el Cristo en Ángulo y la Mariposa de gimnastas Realizadores y No Realizadores.	- 98 -
Figura 37. Valores de Fuerza Isométrica media desarrollados por gimnastas Realizadores y No Realizadores en los test realizados en la fase 3 del estudio.	- 105 -

RESUMEN

La gimnasia artística es uno de los deportes que se debe a una evaluación esencialmente cualitativa por parte de los jueces, ofreciendo un amplio espacio de oportunidades para la creación de métodos de evaluación con mayor objetividad. Este hecho trasciende en el conocimiento del grado de aprendizaje de muchos elementos técnicos, especialmente en el aparato de anillas, y en la consecución de las posiciones de fuerza estática de este aparato.

Con el propósito de aportar nuevos métodos de evaluación y ayuda de los gimnastas en su preparación, se han desarrollado y aplicado a 26 gimnastas pertenecientes al equipo nacional de gimnasia artística masculina, dos herramientas de evaluación de la fuerza estática en diferentes posiciones de fuerza mantenida en anillas.

El protocolo general de valoración se inició con el gimnasta colocado en la posición requerida (Cristo Extendido, Cristo en Ángulo o Mariposa) agarrado a las anillas. Desde esta situación el gimnasta debía intentar elevarse aplicando fuerza sobre las anillas. Se analizó la fuerza aplicada por el gimnasta utilizando dos instrumentos de medición, la Plataforma de Fuerzas y las Galgas Extensiométricas. La curva f-t, obtenida con cada instrumento, reflejó una fase de aplicación explosiva de la fuerza seguida de una fase de aplicación de fuerza isométrica máxima. En función de estos registros se definieron unas variables para evaluar los test realizados.

Los resultados obtenidos mostraron diferencias estadísticamente significativas entre gimnastas Realizadores (R) y No Realizadores (NR) de estos elementos técnicos. Los gimnastas R mostraron mayor capacidad porcentual (%) de liberar peso y una mayor capacidad de generar fuerza por kilogramo de masa ($p < 0,05$).

De los resultados del trabajo se puede concluir que la aplicación práctica de estas herramientas proporcionará información sobre el grado de aprendizaje de estas posiciones de fuerza mantenida para evaluar al gimnasta y guiarle en su preparación.

Palabras clave: Gimnasia Artística Masculina, Biomecánica, Anillas, Mariposa, Cristo, Fuerza Isométrica.

SUMMARY

Artistic gymnastics is one of the sports in which the performance is mainly determined by qualitative evaluation of the judges, offering a wide range of opportunities for the creation of more objective evaluation methods. This fact transcends in the knowledge of the degree of learning of many technical elements, especially in the still rings and the achievement of its static force positions.

In order to provide new methods for the evaluation and assistance in the preparation of gymnasts, two tools for evaluating static force have been developed. Those evaluation tool were applied to 26 gymnasts belonging to the national male gymnastics team in three different positions of strength maintained in still rings.

The general protocol of assessment was initiated with the gymnast placed in the required position (Cross, L-sit Cross or Swallow) holding the rings. From this situation the gymnast had to try to rise himself by applying force on the rings. The force applied by the gymnast was analyzed using two measuring instruments, the force platform and the extensimetric gauges. The f-t curve obtained with each instrument reflected a phase of explosive application of the force followed by a phase of application of maximum isometric force. Based on these records, variables were defined to evaluate the tests performed.

The results obtained showed statistically significant differences between Performer (P) and Non-Performer (NP) gymnasts in these skills. P gymnasts showed a greater percentage capacity (%) to release weight and a greater ability to generate force per kilogram of mass ($p < 0,05$).

From the results of the work it can be concluded that the practical application of the developed tools will provide information on the degree of learning of these strength holding positions to evaluate the gymnasts and guide them in their preparation.

Keywords: Men Artistic Gymnastics, Biomechanics, Still rings, Swallow, Cross, Isometric force.

1. INTRODUCCIÓN.

La evaluación del rendimiento del deportista es esencial para determinar su progreso y el potencial que posee para un determinado deporte. La medición y evaluación de los diferentes componentes del rendimiento forma parte de lo que se denomina proceso de control del entrenamiento; control que tiene como objetivo proporcionar información constante acerca de los efectos del trabajo realizado y del estado físico-técnico del deportista. Esta valiosa información ayuda al entrenador a racionalizar el proceso de entrenamiento y proporcionar al deportista unos estímulos ajustados e individualizados que le permitan obtener su óptimo rendimiento. Cualquier tipo de control implica una forma de medida. Optimizar y contextualizar esta medición y evaluación es necesario para realizar un buen diagnóstico y para evaluar el entrenamiento que realizamos (González-Badillo e Izquierdo, 2006).

El rendimiento del gimnasta depende de una puntuación subjetiva de los jueces y no de una medición objetiva basada en distancias, pesos o tiempos, por lo que está en desventaja debido a la falta de métodos de medida objetivos y adecuados (Dunlavy, Sands, McNeal, Stone, Smith, Jemni y Haff, 2007). Por ello, los resultados obtenidos en competición no pueden ser la única fuente de información que guíe la labor del entrenador. Sin embargo, durante el proceso de entrenamiento podemos evaluar diferentes variables que pueden ayudar al entrenador en su tarea.

En ese apoyo de la labor del entrenador está el origen de esta investigación y en el interés, técnico en su esencia, por la búsqueda de evaluaciones objetivas para el avance en la tarea de los profesionales del rendimiento de este deporte. Este interés es prioritario y define el carácter de las actuaciones realizadas durante el desarrollo de nuestros estudios, el cual estuvo presente en todas las iniciativas desarrolladas durante el curso de esta investigación. Dentro de este contexto, se ha dado la particular circunstancia de que las labores de esta investigación han sido compaginadas con la actividad profesional de entrenar a los gimnastas la selección nacional de gimnasia artística masculina.

En los últimos cien años, la gimnasia ha hecho avances colosales, acelerados considerablemente por la introducción de equipamientos deportivos, así como nuevos métodos, medios y técnicas de enseñanza y entrenamiento. En un tiempo relativamente corto, la dificultad de los ejercicios ha aumentado enormemente, generándose una enorme

variedad estructural de movimientos que, junto a una gran diversidad de acciones técnicas y diferentes regímenes motores, no tiene analogía en el deporte contemporáneo (Arkaev y Suchilin, 2004).

Todo este progreso se fundamenta en una amplia base de investigaciones, que permiten mejorar la metodología del entrenamiento, los equipamientos, las técnicas de aprendizaje, los métodos de enseñanza y las reglas de puntuación apropiadas (Fink, 1999).

De acuerdo con Campos (2008), el Código de Puntuación (CP), como documento precursor de estas reglas, es considerado desde hace más de una década el principal responsable del desarrollo de este deporte. Roetzheim (1991) afirma igualmente que este documento está por encima del trabajo de los entrenadores, los jueces y los atletas, siendo el principal regulador de la Gimnasia Artística (GA). Como herramienta documental el CP, es a la vez regulador y supervisor del deporte, y describe la evolución técnica de la gimnasia (Grandi, 2008).

El CP tiene como una de sus finalidades principales guiar a entrenadores y gimnastas en la construcción de los ejercicios de competición. El entrenador tiene la responsabilidad de conocer el CP y comportarse de acuerdo a él. El gimnasta debe incluir en su ejercicio solo elementos que pueda realizar con completa seguridad y con gran dominio estético y técnico (FIG, 2017).

En este aspecto reside la importancia de una buena selección de elementos gimnásticos por parte de los entrenadores y de los gimnastas para la composición de los ejercicios de competición. En opinión de Leon (1999), los errores en competición pueden ser, además de los derivados de una “desviada” ejecución o una incorrecta interpretación de la norma reflejada en el Código de Puntuación, errores de tipo táctico por una mala elección de los elementos que componen el ejercicio.

Desde esta perspectiva pretendemos desarrollar, mediante el uso de diferentes metodologías de valoración de campo, unas herramientas objetivas que faciliten la selección de los elementos adecuados para la composición de los ejercicios completos o rutinas de anillas. Específicamente y de forma fiable, tratamos de analizar distintos elementos técnicos o posiciones de fuerza estática de entre los más utilizados por los gimnastas de alto nivel.

Más concretamente queremos determinar, la cantidad de fuerza necesaria para conseguir realizar tres de las posibles posiciones de mantenimiento, con las que construir ejercicios o rutinas de alto nivel en anillas.

Dentro del contexto inicial que hemos presentado, no es difícil advertir la oportunidad que brindan los deportes como la gimnasia. Oportunidad determinada por su característica de ser valorado esencialmente de forma cualitativa por los jueces. Esta característica, de escasos sistemas de evaluación objetivos, ofrece un amplio espacio para la innovación y creación en el campo de la evaluación cuantitativa en este deporte.

Este espacio para la innovación y creación recibe cada vez más atención e interés por parte de los distintos agentes implicados en esta disciplina. Buscando la inclusión de sistemas tecnológicos de medición para la evaluación objetiva de los ejercicios de competición de los gimnastas.

Mediante la exploración experimental, nuestro estudio aspira a ocupar un lugar de relevancia en el espacio de la evaluación cuantitativa en este deporte. Para ello, dentro de la consecución de los fines expuestos, buscaremos progresar en la mejora y perfeccionamiento de nuestros métodos de valoración cuantitativa para la evaluación de las posiciones de fuerza estática en anillas.

Este estudio se inicia con una breve descripción de esta modalidad deportiva, las características de los aparatos que la componen, las anillas como aparato de fuerza, y varias referencias de investigaciones en el ámbito de este deporte. También se incluyen, en la parte inicial, las características del entrenamiento de fuerza en gimnasia, las clasificaciones de los distintos tipos de fuerza, las posiciones de mantenimiento específicas en anillas, y se relacionan las publicaciones sobre la cuantificación y el análisis de la fuerza en anillas. Cierra esta parte inicial el planteamiento de la hipótesis, el objetivo general y los objetivos específicos del estudio.

A continuación se explican las características generales del trabajo, los estudios que lo componen, características de la muestra de cada uno de estos estudios, y los materiales y metodología para los distintos test. También se explican el tratamiento de los datos recogidos y las pruebas incluidas para el análisis estadístico.

Seguidamente se exponen los resultados obtenidos. Tras su exposición, la discusión de estos resultados, donde se contrastan los datos obtenidos con criterios recogidos por otros autores y los reflejados en el CP. También se incluyen en la discusión las perspectivas de otros estudios y publicaciones relacionadas con nuestras experimentaciones.

Completa este trabajo la relación de conclusiones extraídas de nuestro trabajo, tanto a nivel general como específico. Para finalizar con las principales limitaciones de este estudio y las posibles líneas de investigación para el futuro.

1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA GIMNASIA COMO DEPORTE.

Según Arkaev y Suchilin (2004) la gimnasia es uno de los deportes Olímpicos más antiguos. La Federación Internacional de Gimnasia (FIG) se formó en Lieja, Bélgica, el 23 de Julio de 1891, once años antes que las federaciones de patinaje de velocidad y remo. Las demás federaciones deportivas son sus descendientes en el siglo XX (Arkaev y Suchilin, 2004).

Para García-Carretero (2003) la Gimnasia Artística Masculina pertenece al grupo de las gimnasias que hemos llamado deportivas y su objetivo es competitivo, se trata de ganar a unos rivales dentro de unas reglas que fija el CP. Su origen está en las escuelas de gimnasia creadas a comienzos del Siglo XIX y, sobre todo, de la Escuela Alemana de Ludwig Jhan. Los primeros gimnastas ya competían con sus compañeros para determinar quién lo hacía mejor o quien era capaz de realizar más repeticiones. Esta manifestación ha tenido diversas denominaciones a lo largo de la historia. Primeramente se llamó Gimnasia Alemana por su origen, y posteriormente, gimnasia de aparatos, gimnasia deportiva masculina y actualmente la FIG la denomina Gimnasia Artística Masculina (GAM).

Pérez Soriano (2004) considera que la gimnasia deportiva, junto al atletismo y la natación, es una de las modalidades más populares dentro del programa olímpico, y al igual que ocurre en otros deportes, la edad de iniciación de los deportistas (cada vez más temprana), la frecuencia, la duración y la intensidad en la carga de los entrenamientos, son factores que han ido aumentando para obtener el máximo rendimiento deportivo. Si consideramos que la media de preparación de un gimnasta hasta alcanzar los máximos niveles deportivos es de 11-12 años, que un año de entrenamiento puede significar entre

300/310 días de trabajo, que un día de entrenamiento puede tener 2 o 3 sesiones y con un total de 1000/1500 horas al año de entrenamiento año (Caine, Caine y Lindner, 1996). Es de suponer, que tales intensidades y volúmenes de entrenamiento necesitan que la preparación de los gimnastas sea cuidada hasta el más mínimo detalle.

Para Leon (1999), la práctica de la gimnasia artística supone una constante sucesión de aprendizajes de “habilidades motrices”, llamadas “elementos gimnásticos” cada vez más complejos desde el punto de vista de las cualidades coordinativas y de mayor requerimiento físico, desde el punto de vista de las cualidades físicas básicas. Del mismo modo, Araújo (2004) la distingue como una modalidad muy compleja, no sólo por el hecho de englobar varios aparatos que presuponen una movilidad bastante diferenciada, sino también porque las exigencias impuestas al nivel de la ejecución son muy elevadas.

Para Arkaev y Suchilin (2004) la gimnasia pertenece al grupo de deportes con estructura cinemática estable de acciones coordinativas complicadas realizadas en condiciones relativamente constantes sin contacto directo con oponentes. En contraste con otros deportes, las acciones de autorregulación son relativamente simples. Existen movimientos de flexión-extensión principalmente en hombros y caderas, y en muchos ejercicios está prescrito que los codos y las rodillas deben mantenerse en completa extensión.

Estos movimientos, de regulación relativamente fácil, deben de ser muy precisos y cuidadosamente coordinados en el tiempo y el espacio. Deben ser realizados al tiempo y con precisión, con apoyos muy diferentes y sin condiciones de ayuda, además y en la mayoría de los casos, con rápidos y muy complicados cambios de orientación del cuerpo en el espacio en el mínimo tiempo. Para los movimientos singulares necesitamos acciones motrices que están estrictamente organizadas en el tiempo y el espacio en situación de fuerza, mientras que para otros movimientos, necesitamos un máximo impulso de fuerza; otros requieren óptima aplicación de esfuerzos variando la fuerza; otros necesitan habilidad extrema; sin embargo, otros requieren un enorme desarrollo del sentido del equilibrio. Y a menudo se aplica todo esto para un solo movimiento y en el mismo ejercicio (Arkaev y Suchilin, 2004).

1.1.1 VALORACIÓN DE LOS EJERCICIOS DE COMPETICIÓN.

De acuerdo con Campos, Côrte-Real y Lebre (2009), en gimnasia, el código de puntuación (CP) representa el instrumento *know-how* para jueces, entrenadores y gimnastas (Arkaev y Suchilin, 2004; FIG, 2006; Grandi, 2008). El CP comprende la serie de deberes, derechos y penalizaciones aplicables en el contexto de las competiciones y, simultáneamente, es un documento que proporciona información técnica sobre la composición del ejercicio (FIG, 2006). Conociendo que cada entrenador y gimnasta debe crear sus ejercicios respetando siempre las reglas del CP, es crucial examinar y estudiar minuciosamente las técnicas y los elementos que se pueden ejecutar.

El CP que rige las diferentes competiciones internacionales lo edita la FIG a partir del trabajo de los componentes de los Comités Técnicos (CTs) de las diferentes modalidades, recogiendo información y sugerencias fruto de reuniones y Simposios específicos, en los que jueces, entrenadores y federaciones emiten sus respectivos puntos de vista. Este documento es revisado cada cuatro años coincidiendo con la finalización de los Juegos Olímpicos. Las modificaciones se hacen siempre en función de la historia de la gimnasia y las perspectivas de desarrollo de la misma. Esto hace que estas disciplinas estén en constante evolución y adaptación a todas las variantes que constantemente se introducen (León, 1999).

Los Reglamentos Técnicos (TR) de la FIG (2013) determinan el CP que es desarrollado por los CTs y adoptado por el Comité Ejecutivo (EC). El CP reglamenta la valoración de los ejercicios; la combinación y contenido de las rutinas; las deducciones por faltas en la realización; medidas disciplinarias por vulneraciones de los entrenadores, gimnastas y jueces, así como detalles de organización y control de la competición. El CP debe ser leído junto con los TR. En caso de conflicto de interpretación entre las disposiciones de cualquiera de los CP los principios de los TR tendrían prioridad. A nivel internacional Junior y Senior los ejercicios son libres, estando compuestos por elementos y combinaciones libremente seleccionados, la estructura de los cuales corresponde con las estipulaciones contenidas en el CP.

Para Campos (2008) la valoración de los ejercicios o rutinas de competición es algo peculiar y todos los ejercicios presentados en competición poseen un determinado

valor a la luz del CP. Ese valor se expresa en la denominada Nota Final (NF). Según el CP en vigor (FIG, 2017), la NF se establecerá como la suma de las ND y NE finales, habitualmente designadas como Nota de Dificultad (ND) y Nota de Ejecución (NE).

La ND corresponde al contenido del ejercicio presentado, resultante de la suma del valor de las dificultades de los diez (10) elementos de más valor del ejercicio (9 elementos más la salida), de los valores de las conexiones y del valor de los grupos de elementos. Como se puede observar en la tabla 1, los elementos se encuentran clasificados por orden alfabético en que la letra “A” representa los de menor dificultad y la “H” los de mayor dificultad (FIG, 2017).

Tabla 1. Caracterización del valor de dificultad de los elementos presentes en el Código de Puntuación (Adaptado de FIG, 2017).

Partes de Valor	A	B	C	D	E	F	G	H
Valor de Dificultad	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80

Para reforzar la variedad de movimientos en la construcción de un ejercicio, cada aparato tiene tres Grupos de Elementos (EG) designados como I, II, III y, excepto en suelo, un grupo de salida designado como IV. El gimnasta debe incluir por lo menos un elemento de cada uno de los tres EG, lo que le otorga 0,5 puntos por cada uno. Además, en suelo y barra fija se pueden obtener puntos por conexiones especiales entre elementos.

Por otro lado, la NE parte de 10 puntos, que se evalúan aplicando deducciones de décimas de punto por deducción total de errores estéticos y de ejecución, así como de errores técnicos y de composición. Cada elemento está definido con una perfecta posición final o por ejecutarse con perfección. Toda desviación con relación a la ejecución correcta se considera falta de ejecución o falta técnica. La tabla 2 muestra como se deduce de acuerdo al grado de desviación con relación a la ejecución correcta como falta pequeña, media o grande (FIG, 2017).

Tabla 2. Deducciones aplicadas a los ejercicios de competición (Adaptado FIG, 2017).

Tipo de Error	Deducción Aplicada
Falta pequeña	0,1 puntos
Falta media	0,3 puntos
Falta grave	0,5 puntos
Caída	1,0 punto

1.1.2 APARATOS.

La Gimnasia Artística (GA) es uno de los pocos deportes que ha estado representado en cada uno de los Juegos Olímpicos en seis aparatos para los hombres (suelo, caballo con arcos, anillas, salto, barras paralelas, y barra fija) y cuatro para las mujeres (suelo, salto, paralelas asimétricas y barra de equilibrios) en la era moderna; sin embargo, desde 1986 se han ido realizando cambios graduales en cada competición olímpica hasta la actualidad (FIG, 2013).

En los programas de competición en GA, los hombres deben realizar ejercicios libres en seis aparatos desde el año 1949 (García-Carretero, 2003): suelo, caballo con arcos, anillas, salto, barras paralelas y barra fija; y las mujeres cuatro ejercicios libres en cuatro aparatos: salto, paralelas asimétricas, barra de equilibrios y suelo, siguiendo siempre en competición estas secuencias en su realización (FIG, 2013). A través de ellos, se solicita la intervención de la práctica totalidad de los grupos musculares del gimnasta (Marina, 2003).

Campos (2008) realiza una clasificación muy recurrente en el ámbito de este deporte, identifica la GAM como una modalidad que se caracteriza por la complejidad y variedad de movimientos, ejecutados en diferentes aparatos fijos. Los aparatos que la constituyen son seis, dos de los cuales los identificamos de apoyo, caballo con arcos y paralelas, dos de suspensión, anillas y barra, y dos de saltos, suelo y saltos de caballo.

Sterkowitz y Sterkowitz (2005), más allá de ligeras modificaciones del CP posteriores a la publicación de su artículo, resumen convenientemente en base al

reglamento y CP de la FIG, las características de cada uno de los seis aparatos de la GAM contemporánea:

- Suelo. Las medidas de la pista de suelo son 12x12 m con un borde de seguridad adicional de 1 m. y está cubierta con alfombra revestida de foam grueso. El ejercicio de suelo de un gimnasta debe incluir movimientos demostrando fuerza, flexibilidad y equilibrio. Cada rutina debe incluir movimientos como mortales, giros y saltos. Múltiples saltos y giros son cada vez más comunes. El área completa del suelo debe ser utilizada y la rutina debe tener un toque personal de expresión y ejecución.
- Caballo con arcos. La altura del caballo con arcos es de 1,05 m mientras que la longitud de la parte superior alcanza 1,60 m. La distancia entre los arcos es 40-45 cm. Las rutinas de caballo con arcos deben ser una cadena continua y fluida de impulsos de tipo circular y pendular, molinos con piernas abiertas, movimientos de tijeras y pases de piernas utilizando todo el caballo. La dificultad estriba en dos factores. Primero, el gimnasta realiza movimientos diferentes de los impulsos y habilidades acrobáticas de los otros cinco aparatos. Segundo, se emplea la mayoría de cada rutina sobre un solo brazo, ya que la mano libre llega a otra parte del caballo para empezar el elemento siguiente. Hay largas series de movimientos llegando con las manos detrás de la espalda, o con ambas manos en un solo arco. La colocación de las manos debe ser rápida, tranquila y rítmica.
- Anillas. La altura de las anillas sobre el suelo es de 2,75 m. Las rutinas de anillas deben incluir una variedad de movimientos demostrando fuerza, apoyo y equilibrio. El gimnasta debe realizar series de impulsos y mantenimientos y movimientos adelante y atrás, y la rutina debe terminar con una salida acrobática. Las anillas son el menos estable de los aparatos masculinos. La quietud es primordial, y aquellos con el mejor dominio del aparato exhibirán extraordinaria habilidad llegando a todos los mantenimientos con absoluta precisión. Las anillas no deben bambolearse o columpiarse, el cuerpo no debe desarmarse u ondear, y los brazos no deben titubear o temblar. El gimnasta debe moverse por su fuerza, hacerlo con rapidez, detenerse con seguridad, y

después moverse con facilidad a la siguiente parte. Es importante mantener las posiciones del cuerpo bien estiradas y los apoyos invertidos extendidos.

- Salto. La altura de la tabla de salto desde el suelo es de 1,35 m. La tabla de salto está situada a lo largo de una carrera de aproximación de 25 m. Cada salto tiene un valor de acuerdo a su dificultad. El salto debe demostrar movimientos limpios combinando altura y longitud con una o más rotaciones, y terminadas con una recepción controlada. La altura, distancia de desplazamiento, aceleración global del salto, súbito impacto sin paso, recepción clavada, causan un buen efecto o impresión.
- Barras paralelas. Las barras paralelas tienen una altura de 1,75 m. Como las anillas, las barras paralelas requieren una combinación de movimientos de vuelo con fuerza y partes de mantenimiento. El gimnasta debe desplazarse a lo largo y trabajar por encima y por debajo de las barras. Aunque no es un requerimiento, algunos de los mejores gimnastas se mueven por fuera de las dos bandas, realizando apoyos invertidos, agarres, ballestas o volteos de cadera en una sola banda. Cuando se ejecutan bien, estos movimientos marcan una buena presentación. Los elementos más difíciles requieren que el gimnasta pierda de vista las barras por un momento, así como mortales adelante y atrás. La mayoría de estos elementos realizados en sucesión, componen las rutinas más desafiantes. La rutina de un gimnasta termina con una espectacular salida por un lado o al final de las barras.
- Barra fija. La altura de la barra fija es de 2,75 m. El gimnasta debe realizar movimientos de impulso limpios y continuos sin tocar la barra con su cuerpo. Se le requiere mostrar cambios de agarre, movimientos de impulso adelante y atrás, añadiendo sueltas y retomas de la barra. La barra es una exhibición de la plasticidad y de la fuerza del gimnasta. La continua fluidez, los velocísimos cambios en la posición del cuerpo, y la oleada de movimientos de suelta y los molinos de un brazo, todos ellos, posibilitan al ejecutor probar los límites superiores de su habilidad y valentía. Hay interesantes sueltas sin visión, en las cuales el gimnasta pierde de vista la barra mientras ejecuta un salto o un giro. Los molinos de un brazo son extremadamente difíciles si se realizan muchos en sucesión, así como los cambios de dirección, o si realiza una suelta

sin visión desde un molino de un brazo ejecutado de forma admirable. Las salidas son una parte importante del total de la rutina y son habitualmente acrobáticas y espectaculares. La altura de las salidas sobre la barra permite al gimnasta mostrar su talento acrobático y destreza de aterrizaje.

1.1.3 ANILLAS.

García-Carretero (2003) establece las raíces de este aparato en el columpio y el trapecio. Explica su procedencia de una de las prácticas con las que Jhan ejercitaba a sus alumnos mediante la superación de obstáculos balanceándose de cuerdas colgadas en los árboles. Cuando el “Turnen” fue prohibido en 1819, las lecciones tuvieron que darse en secreto, en sitios cerrados que obligaron a crear aparatos que sustituyeran a los que se encontraban en la naturaleza y entonces adoptaron el trapecio y las anillas. Pronto se distinguió dos formas de trabajar las anillas, a vuelo, como variante del trapecio, y sin vuelo. En cuanto a competición, y refiriéndonos a los Juegos Olímpico (JJO) y Campeonatos del Mundo, vemos que en GAM las anillas aparecen en los primeros JJO, intermitentemente en las siguientes ediciones, hasta que a partir de Ljubljana en 1922, este aparato se establece de forma permanente.

Para Smolevsky y Gaberdovsky (1996), de los seis aparatos que componen la competición en GAM, las anillas se diferencian de los restantes por ser un aparato con apoyo móvil. Aunque durante muchos años este aparato fue considerado exclusivamente de trabajo de fuerza, a partir de los años 80, la evolución fue en el sentido de proporcionar una combinación entre los elementos de fuerza y los de balanceo, siendo esta, la forma actual de los ejercicios de competición presentados por la élite de GAM en este aparato.

Cuk y Karacsony (2002), desde el punto de vista biomecánico, clasifican los elementos de anillas en tres grupos: elementos estáticos, elementos de fuerza y elementos de impulso. Distinguiendo a su vez variantes de cada uno de estos. Por ejemplo, los elementos de impulso pueden ser ejecutados en suspensión, en apoyo, desde el apoyo a la suspensión, de la suspensión al apoyo, desde suspensión para la ejecución de la salida o desde otros elementos (en el siguiente apartado hablaremos de los estáticos y de fuerza). La diversidad de movimientos presentes en este aparato es tan alta que, dentro de las clasificaciones hechas por ellos con diferentes propósitos de análisis, podemos encontrar

elementos realizados en la vertical, en la horizontal y en diferentes direcciones: de arriba-abajo; adelante-atrás; izquierda-derecha.

Pastor (citado por Campos, 2008) defiende, en este mismo sentido, las anillas como el más inestable de la GA, por presentar dificultades de equilibrio en la realización y mantenimiento de posiciones estáticas efectuadas sobre el apoyo de los miembros superiores. Smolevsky y Gavredovsky (1996) completan esta afirmación señalando que el trabajo en anillas varía dependiendo de la dirección de la fuerza aplicada en la realización del apoyo. De forma más genérica y conclusiva, Arkaev y Suchilin (2004) caracterizan las anillas como un aparato donde se ejecutan elementos de apoyo sobre un soporte móvil.

Un ejercicio de anillas, según el actual CP (FIG, 2017), está compuesto por elementos de impulso, fuerza y mantenimiento en partes aproximadamente iguales. Estos elementos se ejecutan en suspensión, o a través del apoyo invertido, predominando la ejecución con brazos rectos. Un ejercicio de gimnasia contemporánea se caracteriza por transiciones entre elementos de impulso y de fuerza o viceversa. No se permite ni el balanceo ni el cruce de cables. Los Grupos de Elementos (EG) entre los que deben seleccionarse los movimientos para la composición de una rutina en este aparato son:

- I. Kipes y elementos de impulso e impulsos a o a través del apoyo invertido (2 s).
- II. Elementos de fuerza y mantenimiento (2 s).
- III. Impulsos a mantenimiento de fuerza (2 s)
- IV. Salidas.

1.1.4 ELEMENTOS DE FUERZA.

En su clasificación biomecánica Cuk y Karacsony (2002), al igual que en los elementos de impulso, también destacan diferentes formas de movimiento que pueden surgir de los elementos estáticos y los de fuerza. En relación a los elementos estáticos, los autores distinguen dos variantes, una realizada en suspensión y otra en apoyo, donde respectivamente el peso del cuerpo puede ser soportado debajo o encima del apoyo. En cuanto a los elementos de fuerza, según los mismos autores, estos pueden ser ejecutados

de apoyo a apoyo, de apoyo a suspensión, de suspensión a suspensión y de suspensión a apoyo.

Hübner y Schärer (2015) destacan la enorme evolución que ha tenido la gimnasia masculina en los últimos años. Aunque en los seis aparatos los elementos acrobáticos constantemente se vuelven más espectaculares; en anillas, los elementos de fuerza juegan el papel más importante (FIG, 2013).

En una publicación posterior y en el mismo orden de ideas, los mismos autores (Schärer y Hübner, 2016), afirman que en anillas una rutina puede incluir un máximo de siete elementos de fuerza, los cuales deben de sostenerse en una perfecta posición de mantenimiento, y como prescribe el CP, al menos dos segundos. Todas las desviaciones angulares y la reducción del tiempo de mantenimiento resultará como deducción o no reconocimiento por el jurado (FIG, 2013).

En opinión de Smolevsky y Gaverdovsky (1996), la composición de los ejercicios de competición debe reflejar las tendencias del desarrollo del CP. Para comprender esa tendencia y su importancia en la construcción de los ejercicios de competición, cuantificamos en número y en valor los elementos de fuerza de anillas presentes en el CP (FIG, 2017). Información organizada en la tabla 3.

Tabla 3. Distribución de los elementos de anillas definidos en el Código de Puntuación por grupo y por valor de dificultad.

Grupo	Elementos de Dificultad								Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	
I	12	10	7	3	1	0	0	0	33
II	5	10	11	17	15	6	0	0	64
III	0	3	11	12	4	2	0	0	32
IV	3	4	7	5	3	2	1	0	25
Total	20	27	36	37	23	10	1	0	154

Empleando los criterios utilizados por Campos (2008), esta distribución nos permite obtener los valores porcentuales de la distribución del número de elementos por cada uno de los grupos (Tabla 4) y por valor de dificultad (Tabla 5).

Tabla 4. Valores porcentuales extraídos del Código de Puntuación de la distribución del número de elementos de anillas por cada uno de los grupos.

Grupo	Elementos de Dificultad								Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	
I	36,4%	30,3%	21,2%	9,1%	3%	0%	0%	0%	21,4%
II	7,8%	15,6%	17,2%	26,6%	23,4%	9,4%	0%	0%	41,6%
III	0%	9,4%	34,4%	37,5%	12,5%	6,2%	0%	0%	20,8%
IV	12%	16%	28%	20%	12%	8%	4%	0%	16,2%
Total	20	27	36	37	23	10	1	0	154

A primera vista identificamos un predominio de los elementos de fuerza y mantenimiento (Grupo II) en relación al siguiente más numeroso, que es el de impulsos (Grupo I), en un 20%. Si añadimos los elementos del Grupo III, que son elementos que finalizan en posiciones de mantenimiento de fuerza, verificamos que cerca de las dos terceras partes de los elementos ejecutados en este aparato incluyen fuerza (Tabla 4).

Tabla 5. Valores porcentuales extraídos del Código de Puntuación de la distribución del número de elementos por valor de dificultad.

Grupo	Elementos de Dificultad								Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	
I	60%	37%	19,4%	8,1%	4,4%	0	0	0	21,4%
II	25%	37%	30,6%	46%	65,2%	60%	0	0	41,6%
III	0	11%	30,6%	32,4%	17,4%	20%	0	0	20,8%
IV	15%	15%	19,4%	13,5%	13%	20%	100%	0	16,2%
Total	12,9%	17,5%	23,4%	24%	15%	6,6%	0,6%	0	154

En relación al valor de dificultad, curiosamente los elementos de mayor dificultad en este aparato son también los de fuerza. De un total de 10 dificultades “F”, 8 de ellas incluyen una posición de mantenimiento de fuerza, de 23 dificultades “E” son 19 las que incluyen mantenimiento de fuerza y de 37 dificultades “D” son 29 las que también contienen una posición de fuerza mantenida, todas ellas concentradas en los dos grupos

de fuerza (Grupos II y III). Por su bajo porcentaje consideramos de poca relevancia la presencia de un único elemento “G” existente en este aparato, que pertenece al grupo de las salidas.

De un total de 154 elementos codificados en CP de anillas, verificamos que 106 son dificultades de “C” a “F” (69% del total) entre los que los porcentajes con elementos de fuerza (Grupos II y III) son respectivamente superiores a 60%, 75%, 80% y 80%. Lo que significa que los elementos de fuerza están representados en el CP de anillas en mayor número y en mayor dificultad.

1.2 INVESTIGACIÓN EN EL ÁMBITO DE LA GIMNASIA.

En este apartado se realiza una revisión de las principales aportaciones realizadas desde el campo de la investigación científica en GA. Esta revisión trata de dar respuesta a aspectos que conviene analizar de forma previa al establecimiento de nuevos objetivos en el ámbito de la biomecánica y la gimnasia.

Puede ser de ayuda para tener un conocimiento objetivo del desempeño del gimnasta, el conocimiento de las principales aportaciones expuestas en trabajos o publicaciones científicas a nivel internacional y nacional, las relacionadas con el desempeño y rendimiento de los gimnastas, así como la identificación de los métodos empleados en el campo de la investigación científica.

1.2.1 PUBLICACIONES EN EL ÁMBITO INTERNACIONAL.

Son varios los estudios que intentan analizar las variables que tienen una mayor incidencia en el rendimiento del gimnasta.

En el ámbito internacional, son varias las publicaciones que intentaron analizar las variables que tienen mayor incidencia en el rendimiento del gimnasta. Uno de los primeros estudios que encontramos fue realizado en la década de los 60 por Pool, Binkhorst y Vos (1969), ellos relacionaron los datos antropométricos y fisiológicos de gimnastas de artística femenina con su rendimiento en los campeonatos europeos de 1967, encontrando correlaciones significativas entre el buen desarrollo muscular y del perímetro torácico con las puntuaciones totales.

A partir de ese momento se contabilizan numerosos estudios que han analizado el rendimiento desde la perspectiva de las ciencias biológicas, en diferentes niveles de rendimiento y que apreciaron variables de lo más diverso.

Daly, Rich y Klein (1998) analizaron las respuestas hormonales al entrenamiento en gimnastas prepúberes de élite durante un período de 10 meses. Sugirieron que su entrenamiento no es lo suficientemente intenso para alterar la función adrenal y que la reducción del equilibrio anabólico catabólico era un indicativo de que el estado catabólico podría resultar sobrecargado o insuficientemente recuperado y/o que los gimnastas realizaban una ingesta calórica inadecuada su gasto energético. Indicaron que eran necesarios futuros estudios para determinar la significación biológica de sus hallazgos, atendiendo particularmente a los procesos de crecimiento y maduración.

Claessens, Lefevre, Beunen y Malina (1999) realizaron un estudio sobre la relación entre las medidas antropométricas y el rendimiento, medido a través de las puntuaciones, en gimnastas femeninas de élite. Encontraron altas correlaciones ($p \leq 0,01$) entre la edad cronológica, la masa corporal, circunferencia del muslo, los pliegues del bíceps, tríceps, subescapular, supra iliaco, de la pantorrilla, así como el endomorfismo, tanto con la puntuación total de las gimnastas (suma de las notas parciales de los diferentes aparatos), como con la puntuación alcanzada en cada uno de los cuatro aparatos de competición.

Uno de los referentes en investigación dentro de la gimnasia, Monèm Jemni, estudió en 2006 (junto con sus colaboradores) las diferencias entre gimnastas de nivel nacional e internacional en los componentes aeróbico y de potencia del tren superior e inferior. La consistencia de los valores que hallaron, en rendimiento aeróbico y anaeróbico con relación al volumen de entrenamiento, sugerían que las diferencias significativas entre gimnastas de nivel nacional e internacional se relacionan con otros aspectos del rendimiento. Este estudio aportó evidencia de que el entrenamiento de fuerza es uno de los factores más importantes para formar el perfil fisiológico de los gimnastas masculinos (Jemni, Sands, Friemel, Stone y Cooke, 2006).

Delac, Babin y Katic (2007) estudiaron la relación entre diferentes pruebas de capacidades condicionales y medidas morfológicas con el rendimiento en elementos gimnásticos de competición de 110 chicas en edad prepuberal. Los resultados mostraron

una relación positiva entre el factor endomórfico, la flexibilidad de caderas y la fuerza explosiva de extremidades superiores, con los elementos de vuelta atrás en suspensión y rueda lateral. También se encontró relación positiva entre el factor longilíneo morfológico con los elementos de dominación de brazos (kipe), la rueda lateral y la vertical.

Cools, Geeroms, Van den Berghe, Cambier y Witvrouw (2007) compararon el rendimiento muscular isocinético de la musculatura escapular de 16 gimnastas de élite adolescentes, frente a 26 adolescentes no deportistas de la misma edad, para identificar las diferencias en fuerza, resistencia y equilibrio muscular. Concluyeron que el rendimiento muscular escapular en gimnastas de elite adolescentes, se caracteriza por una aumentada fuerza de protracción (antepulsión de hombro o proyección de los hombros hacia adelante) y un alterado equilibrio muscular en la zona escapular, en comparación con los adolescentes no deportistas.

La relación entre el descenso de la frecuencia cardíaca y el rendimiento en barra de equilibrios, fue el objeto de estudio de Cottyn, De Clercq, Crombez y Lenoir (2008). Con este fin, estudiaron la frecuencia cardíaca en este aparato de 14 gimnastas femeninas, con una media 13,2 años. Resultado de su estudio los autores indicaron, que un descenso de la frecuencia cardíaca preparatoria puede ser perjudicial para el rendimiento ante la realización de movimientos complejos en la barra de equilibrios.

Se pueden encontrar fuera de las ciencias biológicas estudios que analizaron otras variables y desde perspectivas diferentes.

Davlin, Sands y Shultz (2001) investigaron el papel de la visión periférica en el control de la orientación y equilibrio en el aterrizaje de los mortales atrás. Para ello analizaron a 10 gimnastas femeninas (Edad= $11,6 \pm 2,7$ años, nivel competitivo= $8 \pm 1,2$, tiempo entrenando gimnasia $5,9 \pm 1,6$ años) que realizaron el mortal atrás agrupado bajo cuatro condiciones visuales: campo visual completo, visión periférica horizontal limitada 100° , visión periférica horizontal limitada 60° y sin visión. No hubo diferencias estadísticamente significativas en el equilibrio durante el aterrizaje para condiciones de visión completa, visión periférica horizontal limitada 100° y visión periférica horizontal limitada 60° . Sin embargo, las gimnastas manifestaron un menor control de la orientación y equilibrio en el aterrizaje en la condición de ausencia de visión, comparada con las otras tres condiciones visuales.

Incluso aparecen estudios que ponen su foco de atención en el trabajo de la puntuación de los jueces. En este campo, Plessner y Schallies (2005), valoraron la influencia de la localización del juez respecto al aparato, su experiencia, el tiempo de procesamiento y la constancia en la atención durante el proceso de puntuación por parte de los jueces de gimnasia. Para ello compararon la evaluación de 40 jueces y otras tantas personas ajenas a la tarea de juez de gimnasia mediante la presentación de fotografías del Cristo en anillas. Las fotografías que se mostraron eran desde diferentes perspectivas y se redujo el tiempo de exposición a una mitad de los de cada grupo (jueces y no jueces). La valoración de los jueces fue mucho mejor que la de los no jueces y, en contraste con los no jueces, no estuvieron influidos a la hora de evaluar la tarea. Sin embargo, los jueces fueron significativamente influidos por la localización, aumentando su error en la valoración del elemento con el aumento de la desviación del ejercicio respecto a la visión desde una localización frontal.

Atikovic, Tabakovic y Cuk (2008) analizaron las ND en los seis aparatos de gimnasia artística masculina de los 44 gimnastas que participaron en el concurso completo en los Juegos Olímpicos de Pekín 2008. Encontraron que en el salto se alcanzaron las ND más altas, mientras que en el caballo con arcos se registraron las más bajas con una diferencia media de 0,4 puntos respecto a los demás aparatos. Se sugirió una revisión de los criterios de puntuación de acuerdo al Código de Puntuación de 2006.

En estrecha relación con el objeto de nuestra investigación, podemos considerar el estudio de Campos y col. (2009). Estos autores analizaron la importancia de la posición de fuerza estática de la posición Mariposa en la estructura y valoración de los ejercicios de anillas de GAM. Concluyeron que este elemento es una ventajosa alternativa, principalmente porque tiene un alto rango de variables de alto valor de dificultad.

Dallas y Kirialani (2010) estudiaron las diferencias entre las puntuaciones de 8 jueces internacionales ($80,43 \pm 28,43$ competencias y $14,47 \pm 4,35$ años de experiencia) y 12 nacionales ($18,50 \pm 6,54$ competencias y $6,25 \pm 1,55$ años de experiencia) que valoraron 9 ejercicios de anillas. Los resultados mostraron que, al igual que en estudios anteriores, los jueces internacionales tienen una mayor precisión en sus valoraciones que los jueces de ámbito nacional.

Heinen, Jeraj, Thoeren y Vinken (2011) mediante la grabación con video-cámaras digitales realizaron el análisis cinemático de la posición del trampolín como fuente de información para ejecutar la paloma (vuelta de manos) en salto. Sus resultados revelaron que los gimnastas expertos, como promedio, sitúan sus pies en el mismo lugar del trampolín y adaptan los tres últimos pasos de la carrera de aproximación. Esto podría ayudar a los entrenadores a desarrollar programas específicos de entrenamiento para optimizar el rendimiento en saltos complejos.

Sleeper, Kenyon y Casey (2012) diseñaron una herramienta de medida funcional de la gimnasia, batería de test físicos, entendiendo la necesidad de crear un método de medida fiable y válido, del nivel de forma física total de las gimnastas, cara a asistir a las gimnastas femeninas para conseguir una participación saludable y libre de lesiones en este deporte. Se aplicó a 105 gimnastas entre 6 y 18 años, y encontraron una alta relación entre las puntuaciones de la herramienta y los niveles de competición, mostrando alta fiabilidad y validez de la herramienta diseñada.

William Sands, posiblemente el científico más relevante de este deporte, realizó junto con sus colaboradores en 2016, una revisión sobre los estiramientos de la columna vertebral en gimnastas. Concluyendo que, dentro de lo razonable y a la vista de la información disponible en ese momento sobre este tipo de esfuerzos, los estiramientos de la espina dorsal no parecían ser una amenaza especial para la salud de los gimnastas. Aunque la falta de información requeriría que se emprendieran otros estudios de mayor alcance (Sands, McNeal, Penitente, Murray, Nassar, Jemni, Mizuguchi y Stone, 2016).

1.2.2 PUBLICACIONES EN ESPAÑA.

Respecto a los estudios realizados en nuestro país, una parte sustancial de ellos, han sido dirigidos al análisis de aspectos relacionados con la capacidad de salto.

Marina y Rodríguez (1993) realizaron pruebas de salto a 76 gimnastas masculinos y femeninos comparando sus resultados con un grupo de control. En sus resultados encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los gimnastas y el grupo de control en variables como el coeficiente (VC), resultado de dividir el Tiempo de Vuelo (TV), entre el Tiempo de Contacto (TC) y con el componente elástico con utilización de brazos. Las diferencias se acentuaron al comparar a los gimnastas con mejores puntuaciones en los aparatos de suelo y salto con el grupo control.

Por su parte Grande, Figueroa, Hontoria, Bautista, San Martín y Hervás (2008) analizaron, utilizando Plataforma de Fuerzas, la capacidad de salto medida por medio de los test de Bosco (SJ y CMJ), y buscaron la relación de los mismos con el rendimiento de las gimnastas en competición. Sus resultados expusieron correlaciones estadísticamente significativas entre la potencia relativa (W/kg), medida por medio de los test de salto, y las ND y NE de diferentes aparatos, en gimnastas españolas de artística femenina de alto nivel.

Posteriormente, Grande, Figueroa, Hontoria y Bautista (2009), mediante el mismo método, valoraron las diferencias entre los equipos nacionales femeninos españoles de Gimnasia Artística y Gimnasia Rítmica en dos diferentes períodos de su preparación. Encontraron diferencias significativas en la fuerza máxima del CMJ, entre el período precompetitivo y el competitivo ($p < 0,05$), y también en la velocidad máxima del SJ en el periodo competitivo ($p < 0,05$).

Más cercano en el tiempo Marina, Jemni, Rodríguez y Jiménez (2012) investigaron y compararon los factores que influyen en el rendimiento del salto pliométrico, entre gimnastas masculinos y femeninos bien entrenados y un grupo de control. Sugirieron en su estudio que, los Test de Bosco son el mejor criterio para evaluar la altura apropiada de DJ para el entrenamiento pliométrico en gimnasia por su correlación significativa con el tiempo de vuelo.

Más recientes, aunque menos numerosos, también se encuentran estudios con contenido diferente a los orientados a la capacidad de salto. Amigó, Faciabén, Evrard, Ballarini, Marginet (2009) analizaron los cambios de altura, peso, somatotipo y composición corporal de gimnastas españoles de élite con el incremento de la edad. Encontraron que el grupo de gimnastas, como muestra, eran significativamente más bajos y ligeros que la muestra de referencia. Estas diferencias fueron más acentuadas tomando como referencia a los gimnastas de más nivel. Además, las diferencias encontradas se identificaron desde las primeras edades estudiadas. También mostraron un patrón de crecimiento normal de los gimnastas con respecto a la muestra de referencia.

Vernetta-Santana, López-Bedoya y Delgado (2010), utilizando dos modelos diferentes de aprendizaje en la práctica (minicircuitos con y sin uso de fichas de observación), analizaron la influencia de la evaluación compartida en el aprendizaje de

las habilidades gimnásticas en el Espacio Europeo de Educación Superior. Sus resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas en favor de los minicircuitos con ficha de observación, además de un mayor número de movimientos globales correctos, menores repeticiones incorrectas y una percepción positiva de la evaluación por parte de los estudiantes.

López-Bedoya y Vernetta-Santana (2010) aplicaron una prueba gimnástica básica (forma de recorrido) valorada en función del tiempo y la observación sistemática de un experto, para la detección de talentos en gimnasia artística en la fase genérica de adaptación e iniciación a la actividad físico deportiva. Se aplicó la prueba a 592 sujetos de ambos sexos de entre 6 y 12 años, y se les aplicaron también las pruebas motoras de la batería Eurofit. Sus resultados parecieron confirmar la fiabilidad de la prueba y una importante correlación con la valoración del experto.

Morenilla, López-Bedoya y Cudeiro (2010) estudiaron los conflictos sensoriales entre la información visual y vestibular en las habilidades acrobáticas (mortal adelante agrupado). Sugirieron que la información visual, importante en el control de la fase de impulso, no parece ser un factor determinante en el aterrizaje, incluso puede interferir con la información vestibular.

En esta misma línea, Ariza-Vargas, López-Bedoya, Domínguez-Escribano y Vernetta-Santana, (2011), analizaron el efecto de la ansiedad en el aprendizaje de las habilidades gimnásticas. Sus resultados mostraron que el principal efecto en el nivel de aprendizaje estaba generado por las estrategias en la práctica y el rasgo de ansiedad, aunque el impacto se viera disminuido por la estructura funcional de las habilidades requeridas. El rasgo de ansiedad mostró ser el principal predictor de los niveles del estado de ansiedad.

León-Prados, Gómez-Piriz y González-Badillo (2011) encontraron correlaciones interesantes entre diferentes variables extraídas de test físicos específicos y el rendimiento de 10 gimnastas de artística masculina de alto nivel en los aparatos de barras paralelas, barra fija y caballo con arcos. Sus resultados evidenciaron que el número máximo de repeticiones de elevaciones a vertical olímpico desde escuadra guarda correlación estadísticamente significativa con el rendimiento del gimnasta en barras paralelas ($r=0,825$; $p<0,05$) y barra fija ($r=0,678$, $p<0,05$).

Busquets, Marina y Angulo-Barroso (2013) investigaron, en 113 gimnastas de diferentes edades, como los cambios con la edad y la coordinación para el aprendizaje de los molinos de barra fija siguen una progresión paralela.

1.3 EL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA EN GIMNASIA.

El gimnasta precisa de la utilización de todas las expresiones de la fuerza muscular en el aparato de anillas: desde la estática o isométrica (en las posiciones típicas de fijación) a la dinámica (en el grupo de movimientos con oscilaciones y otras más veloces o explosivas) para el grupo de movimientos de gran impulso que conducen a posiciones de equilibrio (Grandi, 1995).

Arkaev y Suchilin (2004) afirman que la fuerza es una de las cualidades físicas más importantes y que deben poseer altamente desarrollada los gimnastas modernos. El peso del gimnasta es el mayor obstáculo objetivo para realizar ejercicios. Para mover el propio peso es necesario aplicar fuerza y realizar trabajo mecánico con una determinada energía. Los estudios demuestran una estrecha conexión entre el nivel de desarrollo de la fuerza y los resultados técnico-deportivos. Otras cualidades físicas dependen directamente del nivel de desarrollo de la potencia muscular.

Según León-Prados y col. (2011), conjuntamente con el nivel técnico, la fuerza máxima, la potencia y la resistencia a altas demandas de fuerza relativa, resultan muy importantes en todo gimnasta (tanto en manifestaciones estáticas como en dinámicas) siendo componentes muy importantes para la realización exitosa de múltiples habilidades o elementos gimnásticos (Beaudin, 1978; Jemni, Sands, Friemel, Stone, y Cooke, 2006; Sands, 2003; Singh, Rana, y Walia, 1987; Stark, 1989).

1.3.1 CONCEPTO DE FUERZA Y TIPOS.

Desde el punto de vista mecánico, la fuerza se puede definir como la capacidad de un músculo, o grupo de músculos determinados, para generar una fuerza muscular bajo unas condiciones determinadas, siendo producto de una acción muscular orquestada por procesos eléctricos en el sistema nervioso (Siff y Verkhoshanski, 2004). Desde esta perspectiva, González-Badillo (2000), define la fuerza como la capacidad de la musculatura para deformar un cuerpo o para modificar la aceleración del mismo: iniciar

o detener el movimiento de un cuerpo, aumentar o reducir su velocidad o hacerle cambiar de dirección.

La magnitud de la fuerza muscular depende de la resistencia externa proporcionada. La resistencia es uno de los factores que actúa para determinar la fuerza generada por un deportista. (Zatsiorski y Kraemer, 2006).

Desde el punto de vista fisiológico, González-Badillo y Gorostiaga (1997), definen la fuerza como la capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse, o como se entiende habitualmente, al contraerse. También Siff y Verkhoshansky (2004), desde esta misma perspectiva, definen la fuerza como una capacidad funcional que se expresa por la acción conjunta del sistema nervioso y muscular para generar tensión, que constituye la forma en que el sistema neuromuscular produce fuerza.

De acuerdo con Bompa (2006), los músculos esqueléticos son responsables de la contracción y la relajación, se contraen cuando se estimulan y se relajan cuando se interrumpen las contracciones, existiendo tres tipos de contracciones: isotónicas, isométricas e isocinéticas.

Una tercera vía la encontramos en la literatura científica más orientada al entrenamiento deportivo. Al conceptualizar la fuerza en este ámbito se ha de comprender tanto el enfoque externo de la mecánica, como el interno que nos proporciona la fisiología del ejercicio. González-Badillo (2000) ofrece una definición que engloba ambos aspectos y que se puede considerar específica para el entrenamiento deportivo: Fuerza es la manifestación externa (fuerza aplicada) que se hace de la tensión interna generada en el músculo o grupo de músculos en un tiempo determinado.

La fuerza aplicada es resultado de la interacción entre las fuerzas internas producidas por los músculos esqueléticos, las fuerzas externas producidas por el peso, la resistencia al desplazamiento y a la deformación o el movimiento de los cuerpos (González-Badillo, 2000).

Para Jaimes (2012), la fuerza es una cualidad que se manifiesta de forma diferente en función de las necesidades de la acción. Partiendo del concepto que el músculo casi nunca, y menos aún en las actividades deportivas, se contrae de forma pura (isométrica,

isocinética, isotónica). Se puede llegar a presentar dos formas diferentes de explicar las muchas manifestaciones de la fuerza.

Partiendo del modelo de terminología propuesto por Vittori (1990) y Velez (1991), se puede clasificar la fuerza de acuerdo a las causas que provocan la contracción muscular en:

- Manifestación *estática* de la fuerza.
- Manifestación *activa* de la fuerza.
- Manifestación *reactiva* de la fuerza.

Manifestación Estática: En la cual se dice que no hay trabajo mecánico externo (Komi y Tesch, 1979), aunque sí lo hay a nivel interno (intramuscular). La velocidad de los segmentos implicados es igual a cero. Hay que diferenciar dos tipos:

- **Manifestación Estática o Fuerza Isométrica Máxima:** es aquella que se produce cuando el sujeto realiza una contracción voluntaria máxima contra una resistencia insalvable.
- **Manifestación Estática Submáxima o Fuerza Isométrica Submáxima:** Es aquella que se produce cuando el sujeto realiza una contracción voluntaria submáxima contra una resistencia superable.

Manifestación Activa: Es el efecto de la fuerza producido por un ciclo simple de trabajo muscular. Debe producirse desde una posición de inmovilidad total. Dentro de este apartado se sitúan las siguientes manifestaciones:

- **Manifestación Máxima Dinámica:** Aparece al mover, sin limitación de tiempo, la mayor carga posible en un sólo movimiento.
- **Manifestación Máxima Dinámica Relativa:** Máxima fuerza expresada ante resistencias inferiores a la fuerza dinámica máxima. Equivale al valor máximo de fuerza que se puede aplicar con cada porcentaje de la fuerza dinámica máxima o de la fuerza isométrica máxima.
- **Fuerza Inicial:** Capacidad de manifestar la mayor fuerza posible al inicio de una acción muscular y en muy poco tiempo. Es la fuerza desarrollada durante los primeros 30-50ms (González-Badillo y Gorostiaga, 1997; Siff y Verkhoshansky, 2004; Tidow, 1990; Young, 1995).

- *Fuerza de aceleración:* Capacidad de los músculos para manifestar tensión muscular lo más rápidamente posible una vez la acción muscular ha comenzado. Puede ocurrir cuando desarrollamos una acción isométrica o al comienzo de una acción anisométrica.
- *Fuerza Explosiva Máxima:* Capacidad de ejercer la mayor cantidad de fuerza posible en el mínimo tiempo posible, por lo que se manifiesta en acciones lo más rápidas y potentes posible, partiendo de una posición de inmovilidad de los segmentos implicados.

Manifestación Reactiva: Es el efecto de la fuerza producido por un ciclo doble de trabajo muscular, o lo que es lo mismo Ciclo Estiramiento Acortamiento (CEA).

- *Fuerza Elástico-Explosiva:* Siguiendo los mismos factores que la fuerza explosiva máxima (acción lo más rápida y potente posible), en esta manifestación entra en juego el componente elástico (pre-estiramiento muscular) y tiene lugar cuando la fase excéntrica no se realiza a alta velocidad, como consecuencia de largos desplazamientos angulares en los segmentos implicados.
- *Fuerza Reflejo-Elástico-Explosiva:* Añade a la anterior un componente de facilitación neural importante como es el efecto de reflejo miotático (de estiramiento), que interviene debido al carácter del CEA, mucho más rápido y con una fase de transición muy corta.

Con respecto al término Resistencia a la Fuerza, Jaimes (2012) comparte la idea con otros autores, y define la define como una derivación específica de la fuerza que un sujeto puede ejercer en actividades motoras que requieran una tensión muscular relativamente prolongada y sin que disminuya la efectividad de la misma (Siff y Verkhoshansky, 2004). En este sentido, habría que afirmar que se podrían especificar una resistencia a cada manifestación de la fuerza.

La otra forma de concepción de las manifestaciones de la fuerza es desde el enfoque del entrenamiento, el cual desarrollamos a continuación.

Para González-Badillo y Gorostiaga (2000), cuando hablamos de la medición y valoración de la manifestación de la fuerza, los dos únicos valores que podemos y tenemos que medir son el pico de fuerza que nos interesa y el tiempo necesario para llegar

a alcanzarlo, es decir, *valor de la fuerza* que se mide y se quiere analizar, y *relación* entre esa *fuerza* y el *tiempo* necesario para conseguirla. La relación fuerza- tiempo da lugar a lo que se conoce como **curva fuerza-tiempo** (C f-t). La C f-t tiene un equivalente en la **curva fuerza-velocidad** (C f-v). Ambas representan de manera equivalente el efecto producido por el entrenamiento. A su vez, de la C f-v se deriva la **curva de potencia**, ya que ésta se puede expresar como el producto de fuerza por velocidad.

González-Badillo (2000), en el esquema de la figura 1, trata de explicar el significado de las distintas manifestaciones de fuerza y sus relaciones con las curvas f-v y de potencia. En este esquema se contempla la manifestación de la fuerza en acciones estáticas y dinámicas. Las acciones dinámicas pueden incluir tanto acciones concéntricas como excéntrico-concéntricas.

Figura 1. Características de la manifestación de la fuerza en el deporte (González-Badillo, 2000).

A continuación, se definen cada uno de los apartados que componen esta clasificación según su autor, González-Badillo (2000).

Pico Máximo de Fuerza (PMF). Indica el máximo valor de fuerza alcanzada en una determinada acción motriz. Este valor puede adquirir las siguientes denominaciones:

- **Fuerza Isométrica Máxima (FIM).** Es la máxima fuerza voluntaria que se aplica cuando la resistencia es insuperable. Si se dispone de los instrumentos adecuados, la medición de esta fuerza dará lugar a la C f-t isométrica o estática. Esta fuerza se mide en N.

- **Fuerza Dinámica Máxima (FDM).** Es el valor de fuerza desarrollado cuando la resistencia solo se puede desplazar una vez. Esta fuerza se expresa en N. La medición con instrumentos adecuados proporciona la C f-t dinámica. Si no se dispone de éstos, se puede expresar mediante el peso (masa) de la resistencia (kg). A este valor se le denomina 1RM.
- **Fuerza Dinámica Máxima relativa (FDM relativa).** Es el valor de fuerza que determina la máxima fuerza voluntaria dinámica que el sujeto es capaz de desarrollar contra una resistencia o carga inferior a la de 1RM. Por tanto, un sujeto tendrá un solo valor de FDM, pero varios de FDM relativa, tantos como cargas distintas utilice para medirla. La medición con instrumentos adecuados nos proporcionaría distintas C f-t dinámicas, cuya relación con la C f-t de la FIM (también denominada C f-t estática) puede informar de las características del sujeto y de su estado de forma actual (Figura 2).

Figura 2. Valores de Fuerza Dinámica Máxima Relativa: cuando la carga es inferior a la Fuerza Isométrica Máxima o la Fuerza Dinámica Máxima, el Pico Máximo de Fuerza que se puede alcanzar será progresivamente menor (González-Badillo y Gorostiaga, 2000).

Fuerza Útil o Funcional. Se trata del valor de FDM relativa que el sujeto aplica cuando realiza un gesto específico de competición. Este valor es clave, por un lado, como principal objetivo de mejora del entrenamiento, y por otro, como elemento para la valoración del nivel de adaptación. Por tanto, la fuerza útil es el principal criterio de referencia para organizar el propio entrenamiento (González-Badillo, 2000).

Fuerza Explosiva. Publicaciones recientes de diversos autores como son Tous (1999), González-Badillo (2000), y también Siff y Verkhoshanski (2004) (citados por Jaimes, 2012), consideran que la expresión fuerza explosiva es sinónimo de la de C f-t. En consecuencia, la fuerza explosiva es el resultado de la relación entre la fuerza producida (manifestada o aplicada) y el tiempo necesario para ello. En esta línea González-Badillo, (2000) conceptúa la fuerza explosiva como la producción de fuerza en la unidad tiempo, viniendo expresada en Newtons por segundo (N/s). En inglés se utiliza la expresión Rate of Force Development (RFD). Se puede medir tanto en acción estática como dinámica. Debido a los medios con los que se cuenta en la actualidad, se emplean fundamentalmente, acciones isométricas (fuerza explosiva estática) y dinámicas concéntricas.

Fuerza Explosiva Máxima (FEM). González-Badillo y Gorostiaga (citados por Jaimes, 2012) la definen como la máxima producción de fuerza por unidad de tiempo o la mejor relación fuerza-tiempo en toda la curva f-t. El intervalo de tiempo en el que se localiza esta producción de fuerza es el comprendido entre 1 y 10 ms.

Para Weineck (2005), que también clasifica los tipos de fuerza en cuanto a sus diferentes formas de manifestación, existe una extraordinaria variedad en cuanto a los tipos de fuerza, de trabajo y de contracción muscular que influyen en la fuerza. No solo se trata de aplicar distintos tipos de fuerza, para mover el peso del cuerpo hay que realizar trabajo mecánico. Los tipos de trabajo que identifica son:

- a) *Trabajo muscular propulsor.* Permite mover mediante acortamiento muscular el peso del propio cuerpo o pesos ajenos al cuerpo, o también superar resistencias.
- b) *Trabajo muscular de frenado.* Sirve para amortiguar saltos o para ejecutar movimientos de preparación, se caracteriza por el aumento de longitud del músculo, con efecto contrario activo.
- c) *Trabajo muscular estático.* Sirve para la fijación de determinadas posturas del cuerpo o de las extremidades. Se caracteriza por la contracción sin acortamiento del músculo.

- d) *Trabajo muscular combinado*. Se caracteriza por elementos de los tres tipos anteriores.

Para Grandi (1995), si se analiza la naturaleza de los movimientos en gimnasia artística, se puede observar que aparecen todos los tipos de contracciones musculares existentes, concretamente:

- Isométricas: En las acciones de sostén, control del cuerpo y en todas las posiciones de fuerza y de equilibrio (contracciones estáticas).
- Isotónicas: En los pasajes lentos desde las posiciones cortas o breves a las alargadas o viceversa (ejecuciones de vertical de fuerza, pasajes lentos desde distintas posiciones, etc.), y las veloces durante los impulsos;
- Excéntricas: En las acciones de enlentecimiento, de hundimiento y de reducción o terminación.

Según Bessi (2016), durante mucho tiempo se asumió que se necesitaba fuerza máxima para ejecutar elementos de posiciones mantenidas de fuerza como el Cristo en las anillas. Debido al sobrepotencial con el cual cuentan los gimnastas hoy en día, y considerando las largas combinaciones de fuerza en las anillas, se puede concluir que las capacidades de resistencia de fuerza juegan un rol preponderante. Probablemente, se produzca un traspaso desde una situación donde la fuerza máxima es la capacidad más importante, hacia un ámbito, donde ella solo juega un rol de capacidad básica pero no dominante. Si un gimnasta, por ejemplo, apenas puede marcar la posición de escuadra aguda (Nakayama) antes que su peso lo obligue a abandonarla, seguramente él necesite de su fuerza máxima. Si en algún momento, después de entrenar lo suficiente, el gimnasta la puede mantener 10, 20 o inclusive 30 s (como se exige en algunos test), ya seguramente no podemos hablar de fuerza máxima como capacidad predominante.

Arkaev y Suchilin (2004) afirman que lo verdaderamente importante en gimnasia no es la fuerza absoluta, pero sí los indicadores de la fuerza muscular y los indicadores de fuerza-velocidad que dependen del cálculo por kilogramo de masa del gimnasta. Paralelamente a los términos fuerza y cualidades de la fuerza, también utilizamos los términos potencia muscular, potencial de fuerza y habilidad de fuerza.

Para estos autores, las cualidades de la fuerza son una suma total de varios componentes interrelacionados y que se condicionan mutuamente. Hay fuerza estática, fuerza dinámica (lenta y rápida) y fuerza resistencia. Estas variedades de atributos de la fuerza son necesarias para realizar diferentes movimientos, como impulsos, así como elementos de fuerza pura en anillas. Así encontramos en este aparato lo siguiente (Arkaev y Suchilin, 2004):

- Movimientos estáticos: Ángulo, planchas (horizontal, pectoral y dorsal), “cristo”, “mariposa”, “cristo invertido”, etc.
- Movimientos de fuerza lenta hacia arriba y hacia abajo (llamados por eso “press”): Elevaciones o remontadas, descensos o bajadas.
- Movimientos de tipo “vuelo-fuerza” (elementos de vuelo terminando con fuerza estática, por ejemplo, impulso de elevación a “Cristo”, “Mariposa”, o Plancha de Apoyo Horizontal);
- Series o “maratones” de fuerza.

Es difícil trazar límites precisos entre los componentes de los atributos de la fuerza. Ellos se entrecruzan y condicionan unos con otros (figura 3).

Figura 3. Estructura de las cualidades de la fuerza (Adaptado de Arkev y Suchilin, 2004).

Smolevskiy y Gaverdovskiy (1996) clasifican, desde una perspectiva dinámica de los ejercicios gimnásticos, las fuerzas que ejercen al sistema “gimnasta-aparato” en *fuerza*

exterior y fuerzas interiores. La primera debe considerarse como la fuerza que los cuerpos exteriores ejercen al sistema de cuerpo del gimnasta desde fuera (fuerza de la gravedad, fuerza de reacción y apoyo, diferentes fuerzas de inercia y fuerzas de fricción). Y las segundas son las fuerzas que surgen y actúan en los límites del sistema del cuerpo del gimnasta y son ocasionadas por la interacción de sus elementos, estas son sobre todo, las fuerzas activas de tracción de los músculos, las fuerzas reactivas que actúan entre los eslabones del cuerpo y las fuerzas de fricción interior que se manifiestan en el aparato locomotor del gimnasta.

1.3.2 FUERZA ESTÁTICA EN GIMNASIA.

Ukran (1978), autor clásico de este deporte, determina que en gimnasia hay numerosos ejercicios que exigen que los músculos trabajen en régimen isométrico, exigiendo la práctica de este tipo de ejercicios para la consecución de fuerza por parte de los gimnastas para dominar los elementos estáticos: Cristos, suspensiones horizontales, apoyos, etc.

También de Europa del este, el búlgaro Hadjiev (1981) indica que, en régimen isométrico, el músculo desarrolla sus posibilidades virtuales cambiando la tensión pero sin cambiar su longitud. Este es el principio al que está subordinado el trabajo de todos los esfuerzos estáticos. Los ejercicios de gimnasia de carácter estático se relacionan con este régimen. Hadjiev (1981) también añade que, el entrenamiento isométrico, entendido como situaciones de aplicación de fuerza en condiciones estáticas, puede ser utilizado en diferentes aparatos de gimnasia. A lo que añade, que en gimnasia artística los ejercicios isométricos ocupan un lugar en la preparación de fuerza para la ejecución de posiciones estáticas o de mantenimiento. Esto se refiere sobre todo a los hombres en los ejercicios como el Cristo en anillas, los equilibrios horizontales en anillas, paralelas, suelo, etc.

La presencia de movimientos o elementos que requieren la realización de fuerza estática en GAM queda determinada por las características descritas para cada uno de los aparatos en el CP. Dicha caracterización localiza la realización de estos elementos y su consecuente presencia en las tablas de dificultad en tres de los seis aparatos de la GAM: el suelo, las anillas y las paralelas. En suelo encontraríamos 15 elementos (todos del G-I), en anillas 89 (57 del G-II y 32 del G-III) y en paralelas 2 (ambos del G-I), lo que suma un total de 106 elementos de fuerza estática (FIG, 2017).

Desde el punto de vista de la realización de estos movimientos, el CP (FIG, 2017) recoge las deducciones aplicadas para la ejecución de elementos de fuerza estática o de mantenimiento simple en cualquier aparato, bien por desviación angular respecto a la posición perfecta, o bien, por el tiempo que un elemento estático debe ser mantenido. La tabla 6 muestra las deducciones por las faltas técnicas en la ejecución de estos elementos:

Tabla 6. Deducciones aplicadas por desvíos angulares y de tiempo de parada de los elementos de fuerza y mantenimiento (Adaptado de FIG, 2017).

Tipo de Falta	Pequeña 0,10	Media 0,30	Grande 0,50
Desviación angular desde la posición de mantenimiento perfecta	hasta 15°	16° - 30°	31° - 45° >45° y sin reconoc.
Duración de las partes de mantenimiento (2 s)		Menos de 2 s	Sin parada y no reconoc.

De acuerdo con la tabla 6 cualquier elemento que sea realizado con una desviación angular superior a 45° (o sin parada) tendrá una deducción de 0,5 puntos y el elemento no será reconocido para el aumento de la ND del ejercicio.

Desde la perspectiva de preparación de un gimnasta de élite mundial, Arkaev y Suchilin (2004) prescriben que todas las posiciones, acciones y posturas deben de ser técnicamente correctas, biomecánicamente alcanzadas, estéticas y cómodas para el gimnasta cuando realiza elementos y conecta movimientos. El gimnasta debe ser capaz de mantener todas las posiciones estáticas y elementos con un exceso de tiempo 2-3 veces mayor del que se exige en las reglas de competición.

1.3.3 POSICIONES DE FUERZA ESTÁTICA EN LAS ANILLAS

En relación a las seis disciplinas de la GAM el aparato de anillas se diferencia enormemente del resto, pues requiere una demostración de fuerza importante de la musculatura superior del cuerpo, con la ejecución de diferentes elementos, que requieren constantemente contracciones estáticas, excéntricas y concéntricas. Estos movimientos implican una lucha constante contra la gravedad, teniendo como meta el superar la carga del propio peso corporal, lo que le da un importante papel a la fuerza relativa del gimnasta (Gorosito, 2013).

Dunlavy y col. (2007) señalan que en anillas los elementos de fuerza se dividen en elementos de mantenimiento, que necesitan una parada de al menos 2 segundos (contracciones musculares isométricas), diferentes formas de elevación (contracciones musculares concéntricas) y descensos (contracciones musculares excéntricas).

Para Smolevskiy y Gaverdovskiy (1996), los elementos estáticos y a fuerza en anillas pueden ser posiciones estáticas o transiciones. Los primeros pueden ser divididos en las suspensiones y apoyos. Los segundos son transiciones hacia arriba (elevaciones a fuerza) y abajo (descensos). Se distinguen por el régimen de trabajo del aparato muscular: En estática los músculos actúan en régimen isométrico y durante los movimientos los músculos actúan o en régimen de superación o “condescendiente” (de bajada); existen además los componentes que unen ambos regímenes.

De este modo recordamos que las posiciones estáticas también se pueden alcanzar de diversas formas (Smolevskiy y Gaverdovskiy, 1996):

- 1) Partiendo de movimientos de impulso (explosivos y con balanceo de las anillas) a finalizar en posiciones de fuerza estática.
- 2) Partiendo de movimientos de fuerza concéntrica o excéntrica (elevación o bajada) ejecutados de forma controlada y lenta (sin balanceos de las anillas) a finalizar en posición de fuerza estática.

Se pueden alcanzar y realizar diferentes elementos de dificultad incluidos en el CP que finalizan en la misma posición final de fuerza estática, pero alcanzada de dos formas diferentes.

Respecto a dichas posiciones estáticas o de mantenimiento en las anillas, Ukran (1978) diferencia que, en función de los rasgos específicos de las posiciones del cuerpo en el aparato, los elementos estáticos pueden ser muy sencillos y extraordinariamente difíciles. Las posiciones más complicadas, que se mantienen en estado de equilibrio estable, son fundamentalmente los apoyos. Los apoyos horizontales, y los apoyos con los brazos extendidos lateralmente, forman parte de los ejercicios de fuerza más difíciles. Destaca entre estos la cruz (Cristo), cruz horizontal (Mariposa) y la cruz vertical (Cristo Invertido). Su ejecución exige de los gimnastas las máximas tensiones musculares.

Los tipos estructurales más característicos de los elementos de fuerza estática en anillas que indican Smolevskiy y Gaverdovskiy (1996) son:

- Apoyos con brazos abiertos y horizontales.
- Suspensiones horizontales faciales y dorsales.
- Apoyos horizontales.
- Combinaciones a fuerza de las suspensiones y apoyos bajos a los apoyos: sin rotación y con rotación del cuerpo.
- Volteos a fuerza en apoyos y del apoyo a la vertical invertida.

Las suspensiones horizontales faciales y dorsales son posiciones en las que, durante su ejecución, el cuerpo del gimnasta se halla equilibrado con relación al apoyo (el centro de gravedad relativo está situado debajo de las anillas, en la línea vertical que parte de ellas), los brazos forman un ángulo agudo con el tronco y la cabeza se mantiene recta y algo inclinada hacia atrás (Ukran, 1978). Se consideran elementos de poca dificultad y están tipificados por el CP con el mínimo valor, “A”. En la figura 4 podemos diferenciar la suspensión dorsal horizontal y la suspensión facial horizontal.

Figura 4. Suspensión dorsal horizontal (izquierda) y suspensión facial horizontal (derecha) (Adaptado de FIG, 2017).

Los apoyos horizontales tienen una dificultad ligeramente superior y, a diferencia de las suspensiones, el centro de gravedad está situado por encima de las anillas, el cuerpo se mantiene horizontalmente con los codos extendidos, paralelos y formando un ángulo agudo con el tronco. La dificultad varía en función de la posición de las piernas, con piernas abiertas tiene un valor “B” y con piernas juntas un valor “C”. En la figura 5 se pueden observar los dos tipos básicos, el Apoyo Facial Horizontal y el Apoyo Facial Horizontal con piernas abiertas.

Figura 5. Apoyo Facial Horizontal piernas abiertas (izquierda) y Apoyo Facial Horizontal (derecha) (Adaptado de FIG, 2017).

Como veíamos anteriormente, los apoyos con brazos exteriores y horizontales, son los más difíciles y entre ellos destacan el Cristo, la Mariposa y el Cristo Invertido (San Pedro). En los últimos años se ha desarrollado otra posición que es la Mariposa Invertida, pero debido a su extrema dificultad y comunes penalizaciones por errores de ejecución es muy poco utilizada. En la figura 6 podemos diferenciar las formas básicas de los apoyos con brazos exteriores horizontales.

Figura 6. Apoyos con brazos exteriores y horizontales: a) Cristo; b) Cristo Invertido; c) Mariposa; d) Mariposa Invertida (Adaptado de FIG, 2017).

Mediante los otros tipos de movimientos clasificados por Smolevskiy y Gaverdovskiy (1996), constituidos por combinaciones a fuerza desde suspensiones y apoyos bajos hacia los apoyos (sin rotación y con rotación del cuerpo), o los volteos a fuerza en apoyos (del apoyo a la vertical invertida). Es posible obtener otros muchos elementos de superior valor de dificultad por finalización o inicio de las ocho posiciones anteriores.

La cuantificación del número y valor de los elementos de fuerza de anillas con posiciones de fuerza estática en el CP (FIG, 2017), nos aporta información sobre la orientación actual con respecto a los elementos de fuerza estática. En la tabla 7 podemos ver esta información.

Es posible apreciar a primera vista que el cristo está presente en 31 de los 93 elementos totales que presentan fuerza estática, lo que supone el 33,3%, le siguen

numéricamente los Apoyos Faciales (19%), luego los Cristos Invertidos (18%), las Mariposas (16%) y las menos numerosas que son, las suspensiones y las Mariposas Invertidas (7% y 5% respectivamente).

En cuanto a los valores de dificultad, observamos que la posición de Cristo representa el 24% de las dificultades “E”, el 38% de las dificultades “D” y el 59% de las dificultades “C”. Los apoyos faciales son el 12% de las “E”, el 29% de las “D”, 23% de las “C” y 16% de las “B”. Los Cristos Invertidos son el 22% de las “F”, el 20% de las “E”, el 23% de las “D” y el 11% de las “C”. Las mariposas son también el 22% de las “F”, pero ascienden al 40% de las “E” y con respecto a las “D” son el 9%. Las Mariposas Invertidas son cuatro de las nueve “F” representando el 44% de estos valores y 4% de los valores de dificultad “E”.

Tabla 7. Distribución de las posiciones de fuerza estática en anillas definidas en el Código de Puntuación por número y por valor de dificultad.

Posición	Valor de Dificultad								Total
	A	B	C	D	E	F	G-H
2	3	1	0	0	1	0	7
0	1	4	10	3	0	0	18
0	2	10	13	6	0	0	31
0	0	2	8	5	2	0	17
0	0	0	3	10	2	0	15
0	0	0	0	1	4	0	5	
Total	2	6	17	34	25	9	0	93	

De estos datos podemos extraer que la posición de Cristo es un elemento de grandes posibilidades en cuanto a variedad de posiciones, y de nivel medio/alto en cuanto a valor de dificultad. En cuanto a número (y muy igualados) le siguen los apoyos faciales, los cristos invertidos y las mariposas. Al atender al nivel de dificultad vemos que entre estas posiciones las Mariposas tiene un mayor peso en cuanto a la dificultad.

Estas orientaciones son de gran utilidad para la toma de decisión sobre las posiciones de fuerza que podríamos evaluar. Una vez realizados algunos experimentos en

la sala de entrenamiento con nuestras fuentes de campo, y tras el estudio de las diferentes opciones, la decisión se inclinó hacia el lado más ambicioso, valorar más de una posición estática, estableciendo las tres siguientes:

1. La Mariposa (M), también llamada golondrina, Hironnelle o Swallow (Figura 7a). Es un apoyo facial horizontal entre las anillas mantenido durante al menos dos segundos (Elemento 10, Grupo II, Dificultad D) (FIG, 2017). Gracia-Carretero (2003) indica que en la ejecución técnica de la Hironnelle, comúnmente llamada Mariposa, el cuerpo debe mostrar una posición paralela al suelo, estando las extremidades superiores en este mismo plano horizontal con una ligera abducción de hombros. Las extremidades superiores, el tronco, las extremidades inferiores y la parte inferior de las anillas deben mantenerse en un mismo plano horizontal para la perfecta ejecución del elemento.
2. El Cristo Extendido (CE) (Elemento 14, Grupo II, Dificultad B) (FIG, 2017). Bernasconi, Tordi, Parratte, Rouillon y Monnier (2004) indican que para realizar el CE correctamente (Figura 7b) el gimnasta debe mantener sus codos en completa extensión y los hombros en abducción a 90° (extremidades superiores deben mantenerse en la horizontal) y mantener la posición durante 2 segundos.
3. El Cristo en Ángulo (CA), consiste en una variación del CE realizado flexionando la cadera 90°, de manera que las extremidades inferiores están juntas y en la horizontal con las rodillas en completa extensión manteniendo la posición 2 segundos (Figura 7c). Esta posición comparte su clasificación en el CP con el Cristo Extendido (Elemento 14, Grupo II, Dificultad B) (FIG, 2017).

En la Figura 7 se detalla la correcta ejecución de las tres posiciones elegidas para el desarrollo de este estudio, M, CE y CA. Las dos primeras han sido objeto de investigaciones anteriores, pero esta es la primera vez que el Cristo en Ángulo aparece en un estudio.

Figura 7. Posiciones estáticas de anillas seleccionadas para su estudio: a) Mariposa (M); b) Cristo Extendido (CE); c) Cristo en Ángulo (CA) (*Archivo fotográfico RFEG).

Para completar este punto, y en lo que se refiere a la preparación para una buena ejecución de este tipo de posiciones en las anillas, se establece que en los elementos de impulso terminando con elementos estáticos de fuerza compleja, el movimiento debe detenerse muy rápido; el gimnasta debe caer inmediatamente en una posición estática perfectamente geométrica y fijarla sin ningún movimiento de corrección adicional. El gimnasta debe mantener la posición estática de fuerza sin fluctuaciones no menos de dos segundos, lo que es requerido en las reglas de competición de la FIG. La geometría de las líneas del cuerpo durante todos los movimientos y mantenimientos, debe ser correcta y estética; todos los elementos de fuerza deben de sostenerse libremente sin desviaciones de la posición ideal del cuerpo, sin temblores; un agarre profundo durante la llegada al elemento y su mantenimiento es un error y debe ser eliminado (Arkaev y Suchilin, 2004).

1.3.4 CUANTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LA FUERZA EN ANILLAS.

Sands, Dunlavy, Smith, Stone y Mcneal (2006), afirman que las anillas es un aparato cuyas características de progreso y potencial son absolutamente desconocidas durante un largo período de tiempo de la preparación del deportista, a lo que añaden que la particularidad de falta de información sobre el nivel de aprendizaje de un gimnasta se acentúa de forma especial en el aparato de anillas y especialmente en la consecución de las dificultades de fuerza y de mantenimiento.

La información válida y objetiva que pueden tener, tanto el gimnasta como el propio entrenador, de los progresos alcanzados durante el proceso de enseñanza aprendizaje de este tipo de elementos, es muy limitada. Sería de gran utilidad para los

entrenadores y gimnastas saber lo próximo o alejado que se está de la realización de los elementos de fuerza estática para así poder concentrar el entrenamiento en un elemento seleccionado apoyándose en su proximidad a los parámetros de fuerza necesaria para poder ser ejecutado, o bien, abandonar el propósito de realizar una dificultad determinada a corto plazo por lo alejado que se pueda estar de estos parámetros.

En la búsqueda de estudios específicos en este aparato se encuentran algunos que, mediante diferentes metodologías, intentan dar respuestas cuantitativas, aportando información sobre diversas variables del rendimiento de los gimnastas. Entre estos estudios se encuentran los realizados mediante el uso de la fotogrametría y la simulación matemática, cubriendo un amplio espacio en el estudio del rendimiento del aparato de anillas de Gimnasia Artística.

Como decíamos, para el análisis del desempeño del gimnasta en este aparato se han aplicado técnicas de análisis como la fotogrametría y la simulación matemática computarizada. Springings, Lanovaz, Watson y Russell (1997), mediante algoritmos de simulación matemática computarizada, demostraron que el momento óptimo de inicio de los molinos en las anillas, puede reducir el balanceo de las anillas (en la posterior posición de equilibrio invertido), desde una amplitud de 10 grados hasta un insignificante balanceo de 1,5 grados. Con ello se puede conseguir reducir las penalizaciones asociadas al balanceo de las anillas en la posición de equilibrio invertido.

Yamada, Watanabe, Kiguchi y Izumi (2002), aplicaron un original robot gimnástico de anillas para analizar específicamente el elemento de vertical seguido de molino atrás, estudiando la dinámica específica del movimiento. Este estudio, dirigido al entrenamiento de gimnastas, utilizó la lógica difusa y la aplicación de diferentes algoritmos matemáticos, para analizar exhaustivamente la situación motriz específica en anillas.

Carrara y Mochizuki (2009) compararon la realización del cristo en las anillas, con su realización en el dispositivo con apoyo de antebrazo y con el uso del cinturón con poleas. En esta misma línea metodológica Gorosito (2013), basándose en el sistema de entrenamiento de mariposa en tendido supino con mancuernas, propuso un test predictivo para la realización de este elemento en las anillas. En la figura 8 se pueden identificar los dispositivos y el ejercicio de entrenamiento planteados en estos estudios.

Figura 8. Imágenes de medios de entrenamiento: a) Cinturón con poleas; b) Dispositivo con apoyo de antebrazo; c) Mariposa en tendido supino con mancuernas (Adaptado de Carrara y Mochizuki, 2008 y Gorosito, 2013).

Un análisis más completo es el realizado por Hübner y Schärer (2015), quienes estudiaron las correlaciones entre una realización máxima (1RM) de las posiciones de Mariposa, Apoyo Facial y Cristo, con distintos ejercicios de precondicionamiento específicos. Estos autores también analizaron el comportamiento de la resistencia máxima con el aumento del tiempo de mantenimiento en las tres posiciones anteriores mediante el empleo de cinturón con contrapeso o añadiendo peso adicional (Schärer y Hübner, 2016). La figura 9 ilustra los dispositivos y ejercicios específicos empleados en su estudio.

Figura 9. Dispositivos y medios específicos de entrenamiento: a) Cinturón con contrapeso; b) Mariposa en tendido supino con barra; c) Mariposa en tendido supino con anillas lastradas (Hübner y Schärer, 2015).

En los estudios realizados específicamente sobre la fuerza en el aparato de anillas, además de las anteriores, dentro del campo de la biomecánica se aplican principalmente

dos metodologías de análisis: la Electromiografía (EMG) (de superficie) y las Plataformas de Fuerzas (PF).

1.3.4.1 ELECTROMIOGRAFÍA.

La EMG ha posibilitado identificar los grupos musculares implicados en la realización de una determinada dificultad. Esto permite tratar de reproducir los patrones de actuación muscular, identificados en la acción analizada en el propio aparato, utilizando dispositivos especiales de entrenamiento que permiten la realización de posiciones simuladas facilitadas.

Utilizando la electromiografía de superficie, Bernasconi y col. (2004) hallaron diferencias significativas en la coordinación muscular entre la realización del cristo en las anillas y su realización utilizando el dispositivo con apoyo de antebrazo. Posteriormente Bernasconi, Tordi, Parratte, Rouillon y Monnier (2006) estudiaron también mediante EMG las diferencias de coordinación muscular entre la realización del elemento técnico Azarian, variación de la posición Cristo (Figura 10), con dispositivo de apoyo de antebrazo y con el cinturón con poleas,.

Figura 10. Elemento técnico Azarian (Adaptado de Bernasconi y col., 2006).

Otra posición estudiada posteriormente, también mediante electromiografía de superficie, por Bernasconi, Tordi, Parratte y Rouillon (2009), fue la posición de Mariposa en diferentes ejercicios de entrenamiento (Figura 11). Con sus resultados mostraron que, el pectoral mayor participa significativamente menos en la flexión del hombro durante el ejercicio con cinturón con contrapesos, mientras que el deltoides tiene una activación significativamente mayor durante el ejercicio con mancuernas. Igualmente indican en su estudio que el ejercicio con barra reduce significativamente la participación del serrato anterior en la estabilización de la escápula.

Figura 11. Posición, dispositivos y medios específicos de entrenamiento: a) Mariposa; b) Mariposa en tendido supino con mancuernas; c) Mariposa en tendido supino declinado con barra; d) Cinturón con contrapesos (Adaptado de Bernasconi y col., 2009).

Completa este tipo de análisis biomecánico mediante EMG, el estudio de Campos, Sousa y Lebre (2011), quienes se ocuparon también de estudiar la posición Mariposa, en este caso en el contexto competitivo. Sugirieron que para realizar el elemento Mariposa, es necesario estabilizar la articulación de la escápula activando los músculos infraespinoso, serrato anterior y trapecio inferior para poder soportar en equilibrio el peso corporal.

1.3.4.2 PLATAFORMAS DE FUERZAS.

El empleo de las PF en investigaciones en GA, se relaciona con el estudio de situaciones de equilibrio, análisis de propiocepción y estudios específicos sobre las posiciones de mantenimiento en anillas. Entre estas investigaciones destaca la de Asseman y Gahéry (2005) que estudiaron las trayectorias del centro de presiones en la realización de la vertical sobre la plataforma de fuerzas con cuatro posiciones diferentes de la cabeza, y también, con visión y sin visión. Con sus resultados mostraron que, si la visión juega un papel importante, los reflejos tónicos del cuello también parecen contribuir enormemente al control de las oscilaciones del cuerpo durante la posición invertida.

Otra investigación es la llevada a cabo por Sobera, Siedleckal, Piestrak, Sojka-Krawiec y Graczykowska (2007) quienes hallaron diferencias significativas en los movimientos en el plano sagital, utilizados para equilibrar una vertical en GA y un equilibrio sobre un pie en GR.

Es en esta misma época cuando aparecen estudios en los que se utiliza la PF para evaluar posiciones de mantenimiento en anillas. Los que dan origen a una línea de investigación fundamental para el desarrollo de nuestros estudios.

La primera publicación que acerca la experimentación en el uso de PF, se realizó en el sentido de analizar, si la medición de la fuerza aplicada por ambos brazos en una posición de M simulada pudiera determinar: Si un gimnasta sería capaz de realizar la posición M, como de cerca podría estar de conseguir la posición y la simetría de la fuerza entre ambos brazos (Sands, Dunlavy, Smith, Stone y McNeal, 2006).

Son Dunlavy y col. (2007) quienes desarrollan esta línea de trabajo aplicando el uso de la PF para evaluar la aplicación de fuerza en un Cristo simulado de anillas. Su estudio parte de una clara premisa, la cual será básica para nuestros estudios:

“Para lograr el mantenimiento de una posición de fuerza estática en anillas, el gimnasta debe ser capaz de producir, en esa posición específica del cuerpo, un nivel de fuerza lo más cercano o superior al de su propio peso corporal”.

Bajo esta premisa y aplicándola a la posición de Cristo, simularon la ejecución de este elemento sobre dos soportes en los que colocaron dos Plataformas de Fuerzas (Figura 12). Este análisis demostró como la información obtenida, utilizando la suma de los registros de fuerza de las dos PF, era suficientemente precisa para diferenciar entre gimnastas Realizadores (R) y No Realizadores (NR) de este elemento (Dunlavy y col., 2007).

Figura 12. Plataformas de Fuerzas sobre soportes para evaluar un Cristo simulado (Dunlavy y col., 2007).

Además de este, el único estudio publicado hasta el momento que emplea la PF para la evaluación de posiciones de fuerza estática en anillas, es el realizado por nosotros; Bango, Sillero-Quintana y Grande (2013), en el que desarrollamos una herramienta para medir la fuerza aplicada en la ejecución del elemento Mariposa en las anillas mediante el uso de una única PF.

Con este fundamento de análisis biomecánico, aplicable a la identificación de gimnastas R y NR mediante el empleo la Plataformas de Fuerzas como instrumento de medición, está una importante parte del desarrollo esta tesis. Dentro del planteamiento, en esencia, de tratar de desarrollar una metodología innovadora, accesible y aplicable a otras posiciones de fuerza estática en anillas.

1.3.4.3 GALGAS EXTENSIOMÉTRICAS.

En relación directa con el objeto de estudio de nuestra investigación, destaca el análisis realizado por Brewin, Yeadon y Kerwin (2000). Estos autores demostraron que, los cambios en la técnica en la realización de los impulsos y la flexibilidad del gimnasta, influyen en un descenso de las fuerzas pico registradas con Galgas Extensiométricas (GE) en los cables sobre los que se suspenden las anillas. Esta tecnología, las Galgas Extensiométricas, es el segundo instrumento de medición utilizado en el desarrollo de nuestra investigación. Se puede observar la situación de las galgas extensiométricas en el estudio de Brewin, Yeadon y Kerwin (2000) en los cables de las anillas en la figura 13.

Figura 13. Instalación de Galgas Extensiométricas en los cables de las anillas (Adaptado de Brewin, Yeadon y Kerwin, 2000).

Si la PF es uno de los pilares del desarrollo de nuestras investigaciones, las GE suponen el siguiente pilar tecnológico y esencial para la realización de nuestros estudios. Reducir el instrumental de medición a una sola PF puede ser un gran avance, el hecho de poder emplear unas GE sería todavía mucho más accesible y práctico. Las GE suponen unos costes económicos sustancialmente menores y tienen muchas más ventajas en el sentido de instalación, transporte, etc.

Consideramos de máximo interés dentro del entrenamiento deportivo de GA, investigar variadas y diferentes posiciones de fuerza estática en las anillas de GAM, abriendo una nueva vía de estudio biomecánico mediante la aplicación de dos herramientas de evaluación de campo. Esta nueva vía, dirigida a la aplicación práctica en el ámbito del alto nivel deportivo, tiene su objeto en realizar valoraciones útiles para poder guiar la preparación y mejorar el rendimiento de los gimnastas de alto nivel.

La información aportada al entrenador, obtenida de la aplicación de estos nuevos métodos, puede ser de máxima utilidad para saber:

- La cantidad de fuerza que es necesario aplicar para alcanzar cada una de estas posiciones.
- Lo cerca o lejos que puede estar un gimnasta de conseguir realizar estos elementos técnicos.
- Qué elemento técnico es el más accesible para un gimnasta.
- Las características de los gimnastas relacionadas con la capacidad de aplicar fuerza.
- La orientación de la preparación del gimnasta hacia una u otra posición de fuerza estática en función de sus características.

Además, las valoraciones de cuantificación de la capacidad de aplicar fuerza estática, podrían ser muy aplicables también en la evaluación de la dificultad de los elementos técnicos por el CP. Esto supondría abrir una novedosa vía para cuantificar los niveles de dificultad establecidos cualitativamente por el CP.

Esta posible aplicación de nuestra metodología, podría ocupar un espacio que actualmente comienza a recibir mucho interés en el ámbito de las puntuaciones de la alta competición. Se están comenzando a aplicar sistemas tecnológicos basados en GE (“Smart Rings”), para la evaluación del tiempo de mantenimiento de las posiciones de

fuerza estática en algunas competiciones continentales. En este contexto, nuestros estudios podrían ser una valiosa y creativa aportación desde la investigación científica al desarrollo tecnológico en el campo de la puntuación de los gimnastas de alto nivel.

2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.

Aunque parte del estudio tenga un carácter descriptivo y exploratorio, para valorar las posibilidades de utilización de las tecnologías empleadas en el mismo con el fin de evaluar la aplicación de la fuerza en Gimnasia Artística Masculina, el hecho de dividir la muestra entre realizadores y no realizadores nos permite lanzar una hipótesis general.

2.1 HIPÓTESIS DEL TRABAJO.

Los gimnastas realizadores de los elementos técnicos considerados tendrán una mayor capacidad de generar fuerza y una mayor capacidad porcentual de liberar peso que los gimnastas no realizadores.

2.2 OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

El objetivo general del estudio fue desarrollar, mediante la utilización de métodos de valoración de campo, una metodología específica para evaluar la aplicación de fuerza del gimnasta en diferentes posiciones de mantenimiento en anillas.

Como objetivos específicos se establecieron los siguientes:

- Diseñar unos protocolos de evaluación de la aplicación de fuerza específicos para las posiciones de mantenimiento en anillas.
- Definir las variables específicas con las que evaluar la aplicación de fuerza en posiciones de mantenimiento, con los registros obtenidos de los protocolos diseñados y la utilización de la plataforma de fuerzas.
- Comprobar si los métodos de evaluación de campo utilizados (PF y GE) son fiables al medir la aplicación de fuerza con los protocolos diseñados.
- Encontrar las variables en las que se identifiquen diferencias estadísticamente significativas entre los sujetos R y NR de las distintas posiciones de mantenimiento estudiadas.

- Establecer el nivel mínimo de fuerza aplicada necesario para que un gimnasta pueda ejecutar una posición de fuerza determinada.

3. MATERIAL Y MÉTODOS.

El carácter principalmente metodológico es el que marca nuestra investigación, lo que hace que este apartado sea una parte clave del desarrollo de este estudio. En esta parte vienen incluidas unas características generales, entre ellas, la forma en que se han organizado las distintas actuaciones (experimentaciones, pruebas piloto, recogidas de datos, etc.).

3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ESTUDIO.

Este estudio puede clasificarse en el marco de la investigación cuantitativa, con objetivo descriptivo, el planteamiento es temporal de carácter transversal, cuyo objeto es la investigación aplicada mediante la utilización de métodos de evaluación de campo.

En base a la experimentación con diferentes pruebas, se intentó identificar y describir la capacidad de aplicar fuerza sobre las anillas durante los entrenamientos de los gimnastas.

Esta experimentación ha consistido en el conjunto de actuaciones realizadas a lo largo de todo el tiempo que ha durado este estudio. La manera en que han sido organizadas estas actuaciones posibilita una mejor comprensión de nuestro trabajo y, lo que es más importante, facilita el desarrollo de la metodología.

La organización de las actuaciones se ha hecho en base al planteamiento de unos objetivos concretos para cada prueba piloto. Fruto del conocimiento experimental adquirido en el curso de las actuaciones, se han desarrollado unas aplicaciones cuyo resultado son las tres fases que componen el cuerpo principal de nuestro estudio. De este modo, se ha establecido una estructura metodológica sobre la que desarrollar nuestro objetivo principal.

El esquema de la Figura 14 nos proporciona una visión de las actuaciones sobre las que se han desarrollado las distintas fases que configuran la metodología de nuestro trabajo, con los estudios contenidos en cada una de esas fases y las pruebas piloto realizadas.

Figura 14. Bases para el desarrollo de la metodología del estudio.

(PF= Plataforma de Fuerzas; GE= Galgas Extensiométricas; M= Mariposa; CA= Cristo en Ángulo; CE= Cristo Extendido)

En este esquema podemos identificar los elementos para el desarrollo de cada una de las pruebas piloto. Los objetivos se relacionan con la optimización de los materiales, el protocolo de los test, incluyendo diferentes números de participantes, obteniendo una información resultado de esta experimentación y sujeta a posibles observaciones. El desarrollo de estas actuaciones ha posibilitado la mejora y perfeccionamiento de las aplicaciones de dos herramientas de medición que se han materializado en las tres fases del estudio. Cada uno de estos elementos se expondrá de forma concreta en los apartados sucesivos.

La aplicación práctica en el ámbito del alto rendimiento deportivo es la característica esencial de este estudio, siendo dirigido a realizar valoraciones útiles encaminadas a la mejora del rendimiento de deportistas del máximo nivel. Desde la consideración permanente de entender esta labor investigadora como un servicio a la preparación de estos deportistas, se establecieron una serie de condiciones previas como guía para las actuaciones experimentales, siendo estas la base de las vías de desarrollo del estudio. Las condiciones establecidas fueron:

- a. Los métodos de evaluación no debían sacar al gimnasta de su instalación habitual de preparación (Test de campo).
- b. Las posibles alteraciones del plan de preparación de los gimnastas debían ser reducidas al mínimo.

- c. La información obtenida debía ser de utilidad e interés para la preparación de gimnastas de alto rendimiento.

Las pautas establecidas en relación al tipo de pruebas, equipamiento e información, fueron desarrolladas de forma específica dentro del desarrollo de un Proyecto de Investigación Científica del Consejo Superior de Deportes que citaremos a continuación. En el esquema de la Figura 15, perteneciente al proyecto, se pueden identificar esas pautas.

Figura 15. Esquema de pautas para la realización de pruebas de valoración de fuerza en gimnastas de Alto Rendimiento del Proyecto de Investigación del Consejo Superior de Deportes (045/UPB10/12).

Una parte de las investigaciones fue enmarcada dentro de los temas de interés prioritario o novedosos referidos al Deporte de Alta Competición. Específicamente la relación directa se identificó con dos líneas prioritarias:

- Mejora del rendimiento y control del entrenamiento: Tratando de mejorar y optimizar los medios de control y evaluación de la fuerza que se utilizan en Gimnasia Artística Masculina. Con un mejor control de la fuerza, la planificación de su entrenamiento puede ser contrastada y sobre todo optimizada en pos de conseguir una mejora más rápida, efectiva y una consecución más temprana y controlada de nuestros objetivos en el aparato de anillas.

- Factores de rendimiento en deportistas exitosos: La comparación entre los deportistas que realizan los elementos técnicos evaluados y los que no lo consiguen, puede ser de mucha utilidad para establecer los métodos de entrenamiento más adecuados y óptimos para cada dificultad técnica.

El contenido de dichas investigaciones se financió con el Proyecto 045/UPB10/12, concedido dentro de los Proyectos y Estudios de Investigación Científica del Consejo Superior de Deportes. Su dotación económica posibilitó la adquisición de parte del instrumental necesario para llevar a cabo nuestros estudios.

3.2 ESTRUCTURA PARA EL DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA.

Una vez conocidas las bases generales sobre las que se apoyan nuestras actuaciones experimentales, pasamos a exponer con mayor profundidad, tanto su contenido como la forma en que han sido organizadas.

Las pruebas piloto constituyen una parte importante del proceso para el establecimiento de los distintos test diseñados. Estas pruebas piloto con sus características se adjuntan en el anexo 1 al final de este documento.

Las fases del estudio suponen un componente esencial y, entre cada una de ellas, cuentan con diferencias sustanciales. Diferencias en los materiales y métodos empleados e igualmente, en las muestras evaluadas en cada una de ellas. Estas tres fases se reflejarán de igual modo en la estructura de los apartados de exposición de resultados y de la discusión.

Tal y como hemos explicado, estas investigaciones van dirigidas a una población concreta, deportistas que practican GAM a altos niveles de rendimiento. Nuestras actuaciones se desarrollan con gimnastas que entrenan en los CAR del CSD. Todos los gimnastas participantes en las investigaciones pertenecen a los grupos de trabajo entre los que se seleccionan los equipos nacionales que representan a nuestro país en las competiciones internacionales: Juegos Olímpicos (JJOO), campeonatos mundiales, europeos (senior y junior) y torneos preparatorios para estas competiciones.

De modo que no cabe un muestreo representativo, pues componen la totalidad de atletas de estas características, por lo que la población estudiada coincide con la población diana.

Es importante destacar que una parte importante de nuestras actuaciones se realizaron en el contexto de un Proyecto de Investigación subvencionado por el CSD. Añadir a esto, que fruto de estas investigaciones se han publicado dos artículos en revistas indexadas de ámbito internacional, una comunicación en Congreso Internacional y se está desarrollando un nuevo artículo que será enviado para su publicación próximamente.

3.3 FASES DEL ESTUDIO.

En este apartado se desarrollan las tres fases que dan estructura a este estudio. A su vez cada una de ellas contiene unos subapartados para la descripción de la muestra, metodología para el registro y cálculo de variables.

3.3.1 FASE 1: EVALUACIÓN DE LA FUERZA MEDIANTE PLATAFORMA DE FUERZAS DE LA POSICIÓN MARIPOSA.

Una vez realizada la segunda prueba piloto (Anexo 1), quedaron establecidas las bases experimentales necesarias para afrontar uno de los principales objetivos de esta tesis, diseñar un método que permita evaluar de forma específica las posiciones de fuerza mantenida en las anillas.

A continuación, se expone la parte de nuestras investigaciones en que se desarrolla y aplica una herramienta de evaluación de la fuerza estática en las anillas de GAM para una primera posición de fuerza mantenida en las anillas.

3.3.1.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA.

Ocho gimnastas del equipo nacional de GAM ejecutaron, de forma voluntaria, el test correspondiente a esta fase del estudio (edad: $20,50 \pm 4,60$ años; masa: $65,95 \pm 6,74$ kg; talla: $168 \pm 5,93$ cm).

Los sujetos fueron informados de la naturaleza y protocolo de la prueba a ejecutar, firmando un consentimiento informado que fue aprobado por el comité ético de la Universidad Politécnica de Madrid.

Para el análisis de los resultados se dividió la muestra en dos grupos: gimnastas Realizadores (R) de la posición Mariposa en las anillas ($n=4$) y gimnastas No Realizadores (NR) de esta posición de fuerza estática ($n=4$).

3.3.1.2 MATERIALES.

Para el desarrollo de la herramienta de evaluación se utilizó una Plataforma de Fuerzas portátil Kistler Type 9286B (Kistler, Suiza) que registra los tres componentes de la fuerza (F_x , F_y y F_z). Se utilizaron para el análisis de las pruebas únicamente los valores de la fuerza vertical (F_z), registrada a una frecuencia de muestreo de 100 Hz. Se utilizó el software específico BioWare para el registro de las mediciones de fuerza (N) respecto al tiempo (s). Como equipamiento deportivo se utilizaron, unas anillas de entrenamiento regulables en altura, un plinto (4 cajones, altura 62 cm), una superficie sólida (61 x 190,5 x 2,2 cm) y cinturones lastrados (78,5 N).

Para la realización del test se colocó la PF sobre la superficie sólida para que la PF pudiera registrar adecuadamente las fuerzas, y situadas ambas encima del plinto. Esta altura incorporada aportó a los gimnastas unas condiciones similares a la realización del elemento (sensación de suspensión a una altura sobre el suelo). También evitó que los gimnastas tocaran el suelo con las anillas o las extremidades inferiores, inconveniente que se observó en la primera prueba piloto (Anexo 1) con la PF en el suelo.

Para ajustar la altura de las anillas se colocó entre ellas una barra de musculación con dos discos a cada lado con un peso total de 367,76 N. La finalidad de este peso fue generar una tensión suficiente en los cables y que la barra sirviera para nivelar la parte inferior de las anillas con la superficie de la PF (Figura 16).

Figura 16. Detalle del ajuste de la altura de las anillas y disposición del material para la realización de las pruebas.

Ante la posibilidad de que el gimnasta se elevara por aplicar una fuerza superior a su peso, como se observó en la segunda prueba piloto (Anexo 1), se incluyó un lastre dentro del protocolo, evitando así que el gimnasta se elevase y posibilitando el registro de fuerzas superiores al peso su corporal (Figuras 17 y 18).

Figura 17. Gimnasta ejecutando el Test de Fuerza de Anillas (RST) con un lastre incorporado.

Al calibrar la PF con este lastre, quedó establecido este peso como valor 0, de modo que cuando el gimnasta se colocaba sobre la plataforma con el cinturón puesto la PF registraba únicamente el peso del gimnasta (Figura 18).

Figura 18. Detalle del uso de un cinturón lastrado como peso añadido en el calibrado de la Plataforma de Fuerzas permitiendo registros de fuerza negativos.

3.3.1.3 METODOLOGÍA PARA EL REGISTRO.

La PF fue utilizada para medir las fuerzas verticales liberadas por los gimnastas al realizar la fuerza de la posición M sobre las anillas. Las características de esta posición, como ha sido explicado en la página 36, son que las extremidades superiores, el tronco, las extremidades inferiores y la parte inferior de las anillas, deben mantenerse en un mismo plano horizontal para la perfecta ejecución del elemento (Figura 19).

Figura 19. Gimnasta realizando una Mariposa (M) en las anillas (*Archivo fotográfico RFEG).

Para la realización del test, se aplicó el protocolo del Test de Fuerza de Anillas (RST) para la evaluación de fuerza isométrica en anillas definido en la segunda prueba piloto (Anexo 1). De modo que este test aplicado a la evaluación de la posición M, definió

un nuevo método de medida: Test de Evaluación de la Mariposa, Swallow Performance Test (SPT).

Se indicó claramente a los gimnastas que la aplicación de la fuerza debía realizarse de forma rápida a la señal del investigador (es decir, no alcanzar la máxima fuerza isométrica de forma lenta y progresiva), y mantener 5 segundos la máxima fuerza que pudieran desarrollar (González-Badillo y Ribas-Serna, 2002).

Durante la realización del test se vigiló que no se produjera ningún contacto del gimnasta con cualquier superficie que no fuera la plataforma de fuerzas o las anillas. La prueba se anuló y se repitió en los casos en que se produjo cualquier apoyo.

Al programar el tiempo de registro de la fuerza en 10 segundos, quedaron diferenciadas claramente las tres fases expuestas en la prueba piloto 2 (Anexo 1): 1-Preparación; 2-Aplicación explosiva de fuerza; 3-Aplicación de fuerza isométrica (Figura 20).

Figura 20. Protocolo de realización del Test de Evaluación de la Mariposa (SPT).

Cada gimnasta realizó tres intentos (González-Badillo y Gorostiaga, 1997) con un periodo de descanso aproximado de 3 a 5 minutos entre cada intento (Zatsiorski, 1989). Para la exposición de resultados y los cálculos estadísticos se utilizó la media de los tres registros obtenidos de cada gimnasta.

3.3.1.4 CÁLCULO DE VARIABLES.

Uno de los objetivos específicos de nuestras investigaciones, fue el establecimiento de las variables para su análisis. Dentro de las definiciones de la literatura

especializada en el análisis de las acciones isométricas, encontramos por un lado la Pendiente (Pte), que González-Badillo (2000) define dentro del PMF y la FEM como máxima producción de fuerza por unidad de tiempo (González-Badillo y Gorostiaga, 1997), y por otro lado y de forma específica, las variables analizadas por Dunlavy y col. (2007) en su estudio de la fuerza en las anillas. Estudio en el cual, una de las variables correspondía con el valor máximo de fuerza registrado, fuerza pico. Y la otra variable del este estudio, correspondía con el valor promedio de la fuerza aplicada en el intervalo de los dos segundos más estables del período de máximo esfuerzo.

En base a la información recogida por estos autores (González-Badillo y Gorostiaga, 1997; Dunlavy y col., 2007) y junto a la observación de la C f-t obtenida en nuestro registro de la fuerza aplicada mediante la PF (Figura 21), se estableció el primer paso para la identificación de unas variables para su análisis.

Figura 21. Determinación de la Pendiente (Pte), Fuerza Isométrica Máxima (FIM) y Fuerza Isométrica media (FImed) mediante la Curva fuerza-tiempo (C f-t).

De manera que en nuestra C f-t fue posible identificar las que distinguiremos como **variables generales**, que son las siguientes:

Pendiente (Pte): Pendiente de la C f-t durante los 100 ms iniciales de aplicación de fuerza. El punto de inicio de la aplicación de fuerza se estableció en el primer instante en que se produjo un descenso ininterrumpido de la C f-t. Dicha pendiente refleja la máxima producción de fuerza por unidad de tiempo (González-Badillo y Gorostiaga, 1997). La pendiente registrada en un periodo de tiempo determinado ha sido utilizada en

otros estudios (Willson, Newton, Murphy y Humphries, 1993; Christ, Slaughter, Stillman, Cameron y Boileau, 1994).

Fuerza Isométrica Máxima (FIM): El valor máximo de fuerza aplicada, en nuestra C f-t, el valor más bajo (Figura 21).

Fuerza Isométrica media (FImed): Valor promedio de la fuerza registrada en un intervalo tiempo. Se toma un período de 2 segundos, como ya ha sido mencionado, es el indicado en el CP de GAM para que una posición de fuerza mantenida en anillas sea correctamente realizada y sin penalización por tiempo de mantenimiento (FIG, 2017). Estudiada por Dunlavy y col. (2007), quienes tomaron el valor promedio en los 2 segundos más estables, determinados por un grupo de expertos tras la observación de la C f-t.

En este estudio, para la obtención del intervalo de 2 segundos de la variable FImed, optamos por un método cuantitativo. Con este fin se tomó el periodo de 2 segundos en los que la desviación estándar es menor, periodo de dos segundos en que la producción de fuerza isométrica por el gimnasta muestra más estabilidad.

Para realizar este cálculo, en el registro de datos de la C f-t se añadió una columna con la fórmula de la desviación típica con un rango de 200 datos (100 Hz), datos registrados en 2 segundos. De esa columna de desviaciones típicas se localizó el valor mínimo, y se tomó ese intervalo, como los dos segundos más estables de la fase de esfuerzo isométrico máximo. La media o valor promedio de los registros de ese periodo es el dato objetivo buscado (Figura 22).

Figura 22. Procedimiento para calcular el valor del intervalo de tiempo de 2 segundos de la Fuerza Isométrica media (FImed).

Una vez establecidas el cálculo de las **variables generales** a analizar, aún quedan dos pasos más para obtener sus parámetros con este instrumento de medición, lo que es lo mismo, la forma en que se expresan de forma específica estas variables.

El siguiente paso es calcular el valor de cada una de las dos variables, FIM y FImed, en base al peso del gimnasta (Figura 23):

- La variable **FIM**: Quedará determinada como valor máximo de la diferencia entre el peso del gimnasta y la fuerza registrada. Un gimnasta con un peso de 715 N y que al aplicar fuerza registro un valor máximo de -50 N (recordamos que la C f-t va descendiendo por liberación de peso sobre la PF). Al restarle al peso ese valor, $715 \text{ N} - (-50 \text{ N})$, nos dará un valor FIM igual a 765 N.
- La variable **FImed**: Quedará determinada como el valor promedio de la diferencia entre el peso del gimnasta y el intervalo de los 2 segundos más estables de la fuerza registrada. El mismo gimnasta anterior de 715 N y con un registro de valor promedio 43 N. Al restarle al peso ese valor, $715 \text{ N} - 43 \text{ N}$, nos dará una FImed igual a 672 N.

Figura 23. Obtención de las variables Fuerza Isométrica Máxima (FIM) y Fuerza Isométrica media (FImed) en parámetros específicos de este instrumento de medición.

Para completar este proceso de cálculo de las variables FIM y FImed de forma específica, empleamos el criterio establecido en la literatura especializada de este deporte (Arkaev y Suchilin, 2004; Ariza, 2004), según el cual, la fuerza de los gimnastas de alto nivel debe expresarse en valores relativos al peso. Con el fin de obtener unos parámetros ajustados a este criterio, se dividió cada una de las dos variables entre el peso del gimnasta, obteniendo dos magnitudes de cada una de ellas.

Al dividir cada una de estas variables por el peso del gimnasta (N), se obtiene un valor de la fuerza aplicada por el gimnasta expresado en porcentaje de su peso (%); y al dividirlos por la masa (kg) del gimnasta, se obtiene un valor que refleja la capacidad de producir fuerza del gimnasta por cada kg de masa corporal respecto a cada una de las variables (N/kg). De modo que, con los datos del ejemplo anterior, un gimnasta de 715 N de peso que aplicara una fuerza cuyo registro de la C f-t tuviera un valor de -50 N para la FIM y de 43 N para la FImed, los valores de estas variables con esta instrumento de evaluación serían (Figura 24):

- Para la FIM, unos valores porcentuales de aplicación de 107 % del peso de su cuerpo y 10,5 N/kg en valores relativos al peso de su cuerpo.
- Para la FImed, unos valores porcentuales de aplicación de 94 % del peso de su cuerpo y 9,2 N/kg en valores relativos al peso de su cuerpo.

Figura 24. Ejemplo del cálculo de las variables Fuerza Isométrica Máxima (FIM) y Fuerza Isométrica media (Flmed) en porcentaje (%) de peso corporal y de fuerza por kilogramo de masa (N/kg).

De este modo quedan definidas las variables que utilizaremos en nuestros análisis, tanto a nivel general como específico. También queda descrita la forma en que se calcularán esas variables, cuando se utilice la PF como instrumento de evaluación de la fuerza isométrica aplicada durante la realización de posiciones de fuerza estática en las anillas.

3.3.2 FASE 2: EVALUACIÓN DE LA FUERZA MEDIANTE PLATAFORMA DE FUERZAS DE LA POSICIÓN CRISTO EN ÁNGULO.

Tras la experiencia de la fase anterior y de la segunda prueba piloto (Anexo 1), afrontamos la aplicación de la herramienta diseñada en el apartado anterior a la posición de CA. Recordamos que uno de nuestros desafíos es evaluar posiciones de fuerza mantenida distintas, a lo que le sumamos la realización del test a un grupo mucho más numeroso de participantes.

3.3.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA.

Veinte gimnastas del equipo nacional de GAM (edad: $20,15 \pm 3,29$ años; masa: $68,53 \pm 6,99$ kg; talla: $170,18 \pm 6,38$ cm; experiencia: $14,1 \pm 3,84$ años) participaron voluntariamente en el test propuesto, habiendo firmado un consentimiento informado sobre la naturaleza y protocolo del test realizado aprobado por el Comité Ético de la

UPM. Fueron divididos en dos grupos: R de la posición CA ($n = 10$) y NR ($n = 10$). El test fue realizado durante la segunda parte de una sesión de entrenamiento en el CAR-Madrid del CSD.

3.3.2.2 MATERIALES.

Los materiales coinciden principalmente con los de la fase anterior. Para la medición una PF Kistler Type 9286B (Kistler, Suiza) que registra los tres componentes de la fuerza (F_x , F_y y F_z), utilizando para el análisis del test únicamente los valores de la fuerza vertical (F_z) registrada a una frecuencia de muestreo de 20 Hz, junto con el software BioWare para el registro de las mediciones de fuerza (N) respecto al tiempo (s). Como equipamiento deportivo también se utilizaron unas anillas de entrenamiento regulables en altura, un plinto con una superficie superior sólida.

Los posibles inconvenientes generados por el cinturón lastrado en los test de la posición M, nos llevaron a sustituirlo (con resultados favorables) por un chaleco lastrado (Anexo 1). Razón por la que en este caso se utilizaron uno o dos chalecos lastrados (98 N).

Como en el caso de la posición M, para dotar de unas condiciones similares a la realización en competición, sensación de suspensión a una altura sobre el suelo, se colocó la plataforma de fuerzas sobre el plinto (4 cajones, altura 62 cm) con la estructura de madera y metal consiguiendo así estabilidad y solidez para el registro de la PF. Se realizaron mediciones del ruido registrado por la plataforma en el suelo y sobre el plinto con la superficie situada, no encontrando diferencias entre ambas situaciones (prueba piloto 2, Anexo 1).

3.3.2.3 METODOLOGÍA PARA EL REGISTRO.

La PF fue utilizada para medir las fuerzas verticales liberadas por los gimnastas al realizar la fuerza de la posición CA sobre las anillas, las características de esta posición, como ha sido explicado en la página 37, consiste en una variación del CE realizado flexionando la cadera 90° de manera que las extremidades inferiores están juntas y en la horizontal, con las rodillas en completa extensión manteniendo la posición 2 segundos (Figura 25).

Figura 25. Gimnasta realizando un Cristo en Ángulo (CA) en anillas (*Archivo fotográfico RFEG).

Previamente a la realización del test, se ajustó la altura de las anillas a la posición de CA y se calibró la plataforma de fuerzas con el peso del chaleco lastrado. Una vez realizado el ajuste de las anillas y la calibración de la plataforma el gimnasta se ajustó el chaleco y se situó en posición de sentado en la parte central de la PF en una postura adecuada para la ejecución del CA, y sin contacto de cualquier parte de su cuerpo con otro elemento que no fuera la propia plataforma.

Una vez colocado el gimnasta en la forma adecuada para una buena ejecución de la posición se siguió el protocolo para esfuerzos isométricos definido en el Anexo 1, RST. Estableciendo así un nuevo test de medida: Test de evaluación del Cristo en Ángulo, L-sit Cross Performance Test (LCPT).

Las indicaciones a los gimnastas fueron las mismas:

- Avisar al evaluador al estar preparado para aplicar la fuerza.
- Aplicación de la fuerza de forma rápida a la señal del evaluador.
- Mantener 5 segundos la máxima fuerza que pudieran desarrollar.
- Ningún contacto del cuerpo (piernas o pies) fuera de la PF, siendo anulado y repetido el intento en dicho caso.
- Un periodo de descanso aproximado de 3 a 5 minutos entre cada intento.

Figura 26. Protocolo de realización del Test de Evaluación del Cristo en Ángulo (LCPT).

La figura 26 ilustra los detalles de la posición para la realización del LCPT y la C f-t obtenida del registro de la aplicación de fuerza en esta posición, en esta también se pudieron distinguir idénticas fases que en los test previos: Fase de registro basal del peso, fase de aplicación de fuerza explosiva y fase de mantenimiento de la fuerza isométrica.

González-Badillo y Ribas-Serna (2002) indican entre dos y cinco intentos para evaluar este tipo de esfuerzos. Utilizando la metodología de evaluación empleada habitualmente en Gimnasia Artística, y además, evaluando a un grupo tan numeroso de gimnastas para la realización de la prueba, se redujo a dos el número de intentos. Se dejó a criterio del evaluador la realización de algún intento más si este lo consideraba apropiado, o bien, si el gimnasta lo solicitaba.

Para la obtención del dato para la valoración de cada gimnasta, se siguió también el criterio utilizado en el entrenamiento deportivo en Gimnasia Artística, en cuanto a metodología de evaluación de pruebas físicas de rendimiento. De modo que, para la valoración de los resultados y los cálculos estadísticos, se utilizó el mejor de los dos registros obtenidos de cada gimnasta. Para seleccionar el mejor intento, se eligió el que presentó mayor valor en la fuerza media de los dos segundos más estables (FImed).

3.3.2.4 CÁLCULO DE VARIABLES.

En esta parte del estudio, y también en base a la experiencia previa, optamos por reducir las variables seleccionadas para los cálculos estadísticos y los análisis de resultados. Pensamos que son magnitudes diferentes de un mismo valor, a lo que sumamos que con mayor número de participantes teníamos que realizar una enorme cantidad de cálculos. Estos hechos nos llevaron a decantarnos por un proceso de gestión de esos datos más práctico y específico.

Las variables seleccionadas fueron la FIM y FImed en su expresión de fuerza aplicada por kg de masa. Como recordamos la FIM era la diferencia entre el peso del gimnasta y el valor más bajo registrado, dividido por su peso en kg; y la FImed, esa misma diferencia, pero entre el peso y el valor promedio registrado de los 2 segundos más estables de la C f-t.

La obtención de una C f-t con idénticas características del test anterior (Figura 26). Esto implica que el cálculo de variables para el análisis de este Test de Evaluación del Cristo en Ángulo (LCPT) coincida completamente con los cálculos establecidos para el test del estudio anterior de la Mariposa (SPT). Razón por la que no vemos necesario volver a mostrar su desarrollo en este apartado.

3.3.3 FASE 3: EVALUACIÓN DE LA FUERZA MEDIANTE USO COMBINADO DE PF Y GE DE LAS POSICIONES M, CE Y CA.

El conjunto de pruebas piloto realizadas y las dos fases anteriores han aportado los recursos experimentales necesarios con los que pudimos abordar el mayor reto de este estudio, combinar los dos instrumentos de medición de forma simultánea, aplicando los diseños a tres posiciones de fuerza mantenida diferentes: Cristo Extendido (CE), Cristo en Ángulo (CA) y Mariposa (M).

Esta parte del estudio, no solo supuso un desafío y una mejora de estas metodologías de evaluación de la fuerza isométrica en GAM, si no que también, supuso enriquecer el conjunto de nuestras investigaciones dotando de mayor validez a los métodos de evaluación desarrollados en ellas.

3.3.3.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA.

Veintidós gimnastas del equipo nacional de GAM (edad: $20,68 \pm 3,71$ años; masa: $68,79 \pm 6,44$ kg; talla: $169,82 \pm 6,44$ cm) ejecutaron la parte de los test correspondientes a las posiciones CE y CA. Veinte de estos gimnastas (edad: $20,95 \pm 3,73$ años; masa: $69,15 \pm 6,65$ kg; talla: $170,05 \pm 6,72$ cm); ejecutaron la parte de los test correspondientes a la posición M. Todos ellos participaron voluntariamente firmando un consentimiento informado, aprobado por el Comité Ético de la UPM, informándoles sobre la naturaleza y protocolo de los test realizados. Fueron divididos en dos grupos, Realizadores o No Realizadores para las posiciones CE y CA: R (n = 11) y NR (n = 11); y también para la

posición M: R (n = 9) y NR (n= 11). Los test fueron realizados durante la segunda parte de tres sesiones de entrenamiento en el CAR-Madrid del CSD.

3.3.3.2 MATERIALES.

Las distintas pruebas se realizaron utilizando, principalmente los materiales empleados en la fase 1 y 2 y las pruebas piloto mostradas en el Anexo 1:

- Equipamiento deportivo: Las AE como medio habitual de preparación de las posiciones de fuerza. Un plinto con cajones para aportar altura sobre el suelo en las posiciones de M y CA. Una barra de musculación de 8 kg y varios discos de 5 y 10 kg, para las comprobaciones del procedimiento. Dos chalecos lastrados de 98 N de peso, para evitar la elevación de los gimnastas R.
- Materiales auxiliares: Una estructura de madera (61 x 190,5 x 2,2 cm) como superficie estable y sólida, sobre la que colocar la PF para registrar adecuadamente las fuerzas. Un listón de madera de 1 m de longitud y sección cuadrada de 10 cm de lado, sobre el que los gimnastas colocaron los talones en la ejecución de CE (evitando la flexión plantar y posibles impulsos con los pies).
- Instrumentos de medición:
 - o La PF Kistler Type 9286B (Kistler, Suiza) para registrar los valores de la fuerza vertical (Fz) con una frecuencia de muestreo de 20 Hz.
 - o Dos GE, Mark-10 Serie 5 MR01-1000, para registrar los valores de la tensión de los cables de los que se suspenden cada una de las dos anillas, también con una frecuencia de muestreo de 20 Hz.
- Material informático: Un ordenador de mesa para el software de la PF. Dos ordenadores portátiles para cada software de las GE.

En la figura 27 podemos obtener una visión general del conjunto de materiales empleados, y su instalación, para la medición mediante uso combinado de PF y GE en la sala de GAM del CAR-Madrid de posiciones de fuerza mantenida en las anillas.

Figura 27. Materiales empleados para las mediciones de posiciones de fuerza mantenida en las anillas combinando el uso de Plataforma de Fuerzas y Galgas Extensiométricas.

3.3.3.3 METODOLOGÍA PARA EL REGISTRO.

Para la realización de cada una de los test, se siguieron los procedimientos establecidos en las actuaciones previas: En la fase 1 ha sido expuesto el protocolo para la posición M; en la fase 2 para la posición CA; y tras la realización de la cuarta prueba piloto (Anexo 1) se consolida el procedimiento para la posición CE.

Resumimos el procedimiento de ajuste de los materiales respecto a las características morfológicas de cada gimnasta para poder realizar cada una de las posiciones de fuerza mantenida:

- Para la posición de M. Primero se colocó el plinto bajo las anillas, con la superficie de madera sobre este y la PF encima. Se ajustó la altura de las anillas utilizando las pesas para generar una tensión suficiente en los cables y la barra como referencia horizontal entre la superficie de la plataforma y el borde superior de la parte inferior de las anillas
- Para la posición de CE. En primer lugar, se colocó la PF sobre la superficie de madera en el suelo con el listón de madera sobre la PF y todos estos elementos se alinearon bajo las anillas. De este modo, cuando el gimnasta se situó de pie con los talones sobre el listón y con las anillas reguladas a la altura de los hombros, pudo realizar correctamente la posición de CE.

- Para la posición de CA. Al igual que en la posición de M, primero se situó el plinto bajo las anillas y encima del plinto la superficie de madera con la PF encima. Tras ello, se ajustó la altura de las anillas al gimnasta sentado sobre la PF para una correcta realización del CA.

Una vez que el gimnasta se colocó adecuadamente para una buena ejecución de la posición, se siguieron los protocolos para la evaluación de la fuerza isométrica desarrollados y aplicados anteriormente para los test de fuerza de anillas: Rings Strength Test (RST). Siendo obtenidas simultáneamente las C f-t correspondiente a los datos registrados por la PF y GE, los cuales se pueden distinguir en la parte inferior izquierda (PF) y derecha (GE) de la figura 28.

Se establecieron dos intentos para cada uno de los test de esta fase. Se mantuvo el mismo tiempo de entre 3 y 5 minutos para la recuperación entre cada intento. Para el cálculo estadístico y análisis de resultados se tomó el mejor de los dos intentos. Se mantuvo el criterio del mejor valor de la FI_{med} para la selección del mejor intento.

Figura 28. Aplicación del protocolo y curvas fuerza-tiempo de los test de evaluación de fuerza en anillas mediante el uso combinado de Plataforma de Fuerzas (izquierda) y Galgas Extensiométricas (derecha).

Mediante esta aplicación del RST, combinando la PF y las GE, es posible analizar los datos obtenidos simultáneamente de la aplicación de la fuerza isométrica en los tres test desarrollados en nuestros estudios:

- Test de Evaluación de la Mariposa: Swallow Performance Test (SPT).
- Test de Evaluación del Cristo Extendido: Cross Performance Test (CPT).
- Test de Evaluación del Cristo en Ángulo: L-sit Cross Performance Test (LCPT).

3.3.3.4 CÁLCULO DE VARIABLES.

En esta fase del estudio se volvió a incluir el análisis de la Pendiente (Pte), pero en esta ocasión, modificando su magnitud. Nos guiamos por las recomendaciones de González-Badillo y Gorostiaga (2000), que determinan esta pendiente como un indicador de desarrollo de la fuerza isométrica por unidad de tiempo, *Rate of Force Development* (RFD), y analizamos su comportamiento en los valores indicados por estos autores de N/s en tres periodos: 100 ms, 150 ms y 500 ms.

En cuanto a la selección y el cálculo de las demás variables específicas de evaluación de la fuerza, no lo desarrollaremos en esta fase, pues consideramos que sería repetir contenidos de las fases anteriores, tanto la FIM como la FImed son variables que ya han sido suficientemente explicadas.

A diferencia de las anteriores, en esta fase de la investigación, se irá más lejos en cuanto al estudio de las variables independientes. Hemos incluido algunas que han sido analizadas en otros estudios sobre la fuerza en anillas, como puede ser la altura sentado o la envergadura (Gorosito, 2013). También hemos añadido los años de práctica como posible aspecto influyente en el nivel de realización de las posiciones de fuerza mantenida.

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

El análisis estadístico contó con algunas diferencias en cada una de las fases, aunque estuvo condicionado principalmente por el número de participantes (tamaño de la muestra) de cada una de los estudios. Aun así, hubo una serie de elementos comunes en el análisis estadístico de las tres fases que a continuación se relacionan:

- Los datos registrados en cada una de las fases fueron organizados en base al grupo de pertenencia de cada gimnasta, como R o NR de cada una de las posiciones de fuerza estática evaluadas.

- Se utilizó la versión 22 del software SPSS (IBM Technologies, Chicago, USA), para realizar los cálculos estadísticos de cada uno de los estudios.
- Se realizó un análisis de la fiabilidad entre las mediciones de los distintos intentos en cada variable y en cada uno de los test realizados. Utilizando el Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI) y el Coeficiente de Variación del Error Típico de la Media (CVETM) (León-Prados, Gómez-Piriz, y González-Badillo, 2011).
- Se asumió un intervalo de confianza del 95% como nivel mínimo de significación estadística.

En la primera fase del estudio, se calcularon los estadísticos descriptivos (media, mínimo, máximo y desviación típica) de las variables edad, altura y peso de la muestra utilizada y de las variables definidas de los test de fuerza realizados. Para evaluar las diferencias estadísticas de las variables de los test de fuerza entre los dos grupos (R y NR), se calculó la *U de Mann-Whitney*, prueba no paramétrica para comparar dos muestras independientes.

En la segunda fase del estudio, se calcularon los estadísticos descriptivos (media, mínimo, máximo y desviación típica) de las variables edad, altura, peso y experiencia de la muestra utilizada, así como de las variables seleccionadas del test de fuerza realizado en esta parte.

En la segunda y tercera fases del estudio, para analizar las diferencias entre los R y NR, fue utilizada la prueba *t de student* (prueba paramétrica para comparar dos muestras independientes).

En el segundo estudio de evaluación del CA, se calculó el tamaño del efecto de las diferencias entre R y NR, expresado en base a la *d de Cohen* (Cohen, 1992). Donde $d = 0,2-0,6$ y $0,8$ representan los umbrales para las diferencias pequeña, mediana y grande respectivamente. La potencia estadística ($1-\beta$) se determinó utilizando la aplicación G*Power (Faul, Erdfelder, Lang, & Buchner, 2007). El valor de la potencia estadística varía de 0 a 1, con un valor cercano a 1 como indicativo de alta potencia.

En la tercera fase del estudio se calcularon los estadísticos descriptivos (media, mínimo, máximo y desviación típica) de las variables edad, altura, peso, experiencia,

talla sentado y envergadura de la muestra utilizada. Se utilizó el Índice de Correlación de Pearson para:

- Analizar la fiabilidad entre las mediciones obtenidas con los dos instrumentos de evaluación, PF y GE.
- Relaciones entre las variables analizadas en esta fase del estudio.
- Posibles relaciones entre las tres posiciones de fuerza evaluadas en este estudio final.

4. RESULTADOS.

Las tres fases de esta investigación muestran unos resultados de valoración de la fuerza isométrica en el aparato de anillas desde la evidencia científica. En este apartado presentamos los resultados diferenciados para cada una de esos estudios.

4.1 FASE 1: EVALUACIÓN DE LA FUERZA MEDIANTE PLATAFORMA DE FUERZAS DE LA POSICIÓN DE MARIPOSA.

En la tabla 8 se muestran los descriptivos de las características generales de los ocho gimnastas participantes en los test de la posición Mariposa (M), evaluada en esta fase del estudio, divididos en 4 Realizadores (R) y 4 No Realizadores (NR) de esta posición en las anillas.

Tabla 8. Características de edad (años), talla (m) y masa (kg) de la muestra de gimnastas Realizadores y No Realizadores de la posición Mariposa.

	Edad (años)	Talla (cm)	Masa (kg)
Grupo (n=8)	20,50 ± 4,69	168,13 ± 5,93	65,95 ± 6,74
No Realizadores (n=4)	17 ± 1,41*	171,38 ± 5,09*	67,58 ± 8,07
Realizadores (n=4)	24 ± 4,08*	164,88 ± 5,30*	64,33 ± 5,82

(* = Diferencia entre R y NR estadísticamente significativa $p < 0,05$)

Los resultados del análisis realizado por medio de la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney, mostraron que la edad ($Z=3,753$; $p < 0,001$) y la estatura ($Z=2,106$; $p < 0,05$) son significativamente diferentes entre gimnastas R y NR. Mientras que la masa no resultó significativamente diferente entre R y NR ($Z=1,047$; $p=0,319$).

A nivel descriptivo, en la tabla 9 se pueden observar los resultados globales de las variables generales y específicas seleccionadas, de la muestra estudiada ($n=8$), correspondiente a esta fase del estudio.

Tabla 9. Resultados de las variables generales y específicas de la Fase 1.

Variables	Media $\pm$ Desviación Típica
Pendiente (°)	86,31 $\pm$ 5,07
FIM (N)	81,39 $\pm$ 88,21
FImed (N)	122,35 $\pm$ 86,71
FIM (%)	75,75 $\pm$ 7,46
FIM (N/kg)	8,55 $\pm$ 1,31
FImed (%)	80,90 $\pm$ 12,85
FImed (N/kg)	7,93 $\pm$ 1,26

(FIM=Fuerza Isométrica Máxima; FImed=Fuerza Isométrica media)

En la Tabla 10 se pueden observar los resultados del análisis de fiabilidad, entre las tres mediciones de las variables calculadas, a través del Coeficiente de Variación del Error Típico de la Media (CVETM) y del Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI).

Tabla 10. Estudio de la fiabilidad a través del Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI) y el Coeficiente de Variación del Error Típico de la Media (CVETM) de las mediciones de las variables específicas.

	CCI	CVETM	p
P-FIM (N)	0,993	3,82	< 0,001
FIM (%)	0,988	3,14	< 0,001
FIM (N/kg)	0,988	3,14	< 0,001
P-FImed (N)	0,995	4,00	< 0,001
FImed (%)	0,992	3,24	< 0,001
FImed (N/kg)	0,992	3,24	< 0,001

(P-FIM=Diferencia Peso-Fuerza Isométrica Máxima; FIM=Fuerza Isométrica Máxima; P-FImed=Diferencia Peso-Fuerza Isométrica media; FImed=Fuerza Isométrica media; p= nivel de significación estadística)

Los resultados del análisis de fiabilidad mostraron CVETM por debajo de 5% para las variables P-FIM, FIM (%), FIM (N/kg), P-FImed, FImed (%) y FImed (N/kg),

estando entre las variables que no mostraron diferencias significativas entre los intentos con altos índices del CCI.

Los resultados diferenciados por grupos de gimnastas R y gimnastas NR de las variables fundamentales y derivadas seleccionadas se exponen en la tabla 11.

Tabla 11. Resultados de las variables generales diferenciadas por grupos de gimnastas Realizadores (n=4) y No Realizadores (n=4) de la posición Mariposa.

Variables Generales	Grupo	Media $\pm$ Desviación Típica
Pendiente (°)	R	87,25 $\pm$ 2,18
	NR	85,38 $\pm$ 3,58
Fuerza Isométrica Máxima (N)	R	5,62 $\pm$ 37,91*
	NR	157,16 $\pm$ 37,54*
Fuerza Isométrica media (N)	R	48,11 $\pm$ 45,70*
	NR	196,60 $\pm$ 27,47*

(* = Diferencia entre R y NR estadísticamente significativa $p < 0,05$)

Los resultados de la Pendiente (Pte) no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre NR y R ($Z = 0,866$; $p = 0,486$). De este mismo modo los valores encontrados de la FIM y FImed resultaron significativamente diferentes entre R y NR ($Z = 2,309$; $p < 0,05$).

En la figura 29 se muestran los resultados obtenidos de las variables específicas seleccionadas que mostraron diferencias estadísticas ($Z = 2,309$; $p < 0,05$) entre gimnastas R y NR. Los resultados de las variables P-FIM ($Z = 1,732$; $p = 0,114$) y P-FImed ($Z = 1,443$; $p = 0,200$) no mostraron diferencias significativas entre NR y R.

Figura 29. Resultados de las variables que mostraron diferencias significativas entre gimnastas Realizadores y No Realizadores del test de la posición Mariposa.

(FIM= Fuerza Isométrica Máxima; FIMed= Fuerza Isométrica Media) (*= Diferencia entre R y NR estadísticamente significativa $p < 0,05$)

4.2 FASE 2: EVALUACIÓN DE LA FUERZA MEDIANTE PLATAFORMA DE FUERZAS DE LA POSICIÓN CRISTO EN ÁNGULO.

La tabla 12 muestra los estadísticos descriptivos de las características generales de los 20 gimnastas (10 R y 10 NR) participantes en los test donde se evaluó la capacidad de producir fuerza en la posición CA.

Tabla 12. Características de edad (años), altura (cm), masa (kg) y experiencia (años) de la muestra de gimnastas Realizadores y No Realizadores de la posición Cristo en Ángulo.

	Edad (años)	Talla (cm)	Masa (kg)	Experiencia (años)
Participantes (n=20)	20,15 ± 3,29	170,18 ± 6,38	68,53 ± 6,99	14,10 ± 3,84
No Realizadores (n=10)	18,50 ± 1,84	173,03 ± 5,76	70,49 ± 8,05	12,30 ± 2,31
Realizadores (n=10)	21,80 ± 3,68	167,05 ± 5,58	66,57 ± 5,46	15,90 ± 4,31
P	0,02	0,02	0,20	0,03
Cohen's d	1,13	1,10	0,57	1,04
Power (1-β)	0,786	0,765	0,340	0,720

(p= nivel de significación estadística; d= tamaño del efecto; 1-β= potencia estadística)

La figura 30 muestra los datos normalizados respecto al peso corporal de los valores obtenidos de las variables FIM y FImed en el test de aplicación de fuerza de la posición CA de los gimnastas R y NR.

Figura 30. Fuerza Isométrica Máxima y Fuerza Isométrica media de gimnastas Realizadores y No Realizadores de la posición Cristo en Ángulo.

(**Diferencias significativas en la fuerza con $p < 0,01$)

Fueron observadas diferencias altamente significativas para la FIM ($p < 0,001$; $d = 1,76$; $1 - \beta = 0,96$). Del mismo modo también se encontraron diferencias en la FImed ($p = 0,002$; $d = 1,63$; $1 - \beta = 0,93$).

Las distribuciones de las variables FIM y FImed para R y NR se muestran en la figura 31, donde se puede apreciar la potencia estadística de la diferencia entre los dos grupos en los test de CA.

Figura 31. Curvas de distribución de la Fuerza Isométrica Máxima (a) y Fuerza Isométrica media (b). Gimnastas No Realizadores representados por la línea continua y Realizadores por la línea discontinua.

4.3 FASE 3: EVALUACIÓN DE LA FUERZA MEDIANTE USO COMBINADO DE PF Y GE DE LAS POSICIONES M, CE Y CA.

A nivel descriptivo se diferencian dos grupos, los gimnastas que realizaron los test de las posiciones Cristo Extendido y Cristo en Ángulo ($n = 22$) cuyas características se muestran en la tabla 13, y los gimnastas que además realizaron el test de Mariposa ($n = 20$) cuyas características se muestran en la tabla 14.

Tabla 13. Características generales de los gimnastas Realizadores y No Realizadores participantes en el test de las posiciones Cristo Extendido y Cristo en Ángulo de la fase 3. Se muestran las medias y desviaciones estándar de cada variable (Media $\pm$ SD).

Cristo Extendido y Cristo en Ángulo	Total (n = 22)	No Realizadores (n = 11)	Realizadores (n = 11)
Edad (años)	20,68 $\pm$ 3,7	18,45 $\pm$ 1,75*	22,90 $\pm$ 3,67*
Experiencia (años)	14,50 $\pm$ 4,04	12,45 $\pm$ 2,25*	16,54 $\pm$ 4,32*
Talla (cm)	169,81 $\pm$ 6,43	172,818 $\pm$ 5,68*	166,81 $\pm$ 5,62*
Talla Sentado (cm)	88,50 $\pm$ 2,67	89,36 $\pm$ 2,69	87,63 $\pm$ 2,35
Envergadura (cm)	174,95 $\pm$ 8,53	179,13 $\pm$ 7,85*	170,77 $\pm$ 6,90*
Masa (kg)	68,78 $\pm$ 6,43	69,70 $\pm$ 8,28	67,87 $\pm$ 3,96

(* = Diferencia entre Realizadores y No Realizadores estadísticamente significativa $p < 0,05$)

Las características de edad, experiencia, talla, talla sentado, envergadura y peso de todos los gimnastas participantes en cada test y diferenciados por Realizadores y No Realizadores, se pueden observar en cada una de las tablas de las posiciones evaluadas.

Tabla 14. Características generales de los gimnastas Realizadores y No Realizadores participantes en el test de la posición Mariposa de la fase 3. Se muestran las medias y desviaciones típicas de cada variable (Media $\pm$ SD).

Mariposa	Total (n = 20)	No Realizadores (n = 9)	Realizadores (n = 11)
Edad (años)	20,95 $\pm$ 3,73	18,54 $\pm$ 1,50**	23,88 $\pm$ 3,29**
Experiencia (años)	14,65 $\pm$ 4,11	12,36 $\pm$ 1,91*	17,44 $\pm$ 4,21*
Talla (cm)	170,05 $\pm$ 6,71	174,04 $\pm$ 5,43**	165,16 $\pm$ 4,12**
Talla Sentado (cm)	88,55 $\pm$ 2,81	88,81 $\pm$ 3,22	88,22 $\pm$ 2,18
Envergadura (cm)	175,55 $\pm$ 8,67	181,36 $\pm$ 6,20***	168,44 $\pm$ 4,63***
Masa (kg)	69,14 $\pm$ 6,64	69,87 $\pm$ 8,16	68,25 $\pm$ 4,25

(***= Diferencia entre Realizadores y No Realizadores estadísticamente significativa $p < 0,001$;
 **= Diferencia entre Realizadores y No Realizadores estadísticamente significativa $p < 0,01$;
 *=Diferencia entre Realizadores y No Realizadores estadísticamente significativa $p < 0,05$)

También se incluyen los resultados de las pruebas de fiabilidad para analizar la relación entre los dos intentos en cada una de las pruebas. La tabla 15 muestra los resultados de los índices del coeficiente de correlación intraclase calculado con los datos obtenidos de la Fuerza Isométrica media (FI_{med}) con cada instrumento de medición, la Plataforma de Fuerzas (PF) y las Galgas Extensiométricas (GE).

Tabla 15. Índices de Correlación Intraclase entre los dos intentos de las mediciones de Fuerza Isométrica media con la Plataforma de Fuerzas y las Galgas Extensiométricas de los test de las posiciones Cristo Extendido, Cristo en Ángulo y Mariposa.

Posición	Instrumento	Índice de Correlación Intraclase
Cristo Extendido	Plataforma de Fuerzas	0,95
	Galgas Extensiométricas	0,92
Cristo en Ángulo	Plataforma de Fuerzas	0,97
	Galgas Extensiométricas	0,97
Mariposa	Plataforma de Fuerzas	0,94
	Galgas Extensiométricas	0,98

Los resultados del análisis de fiabilidad muestran altos niveles de correlación entre los intentos en todos los casos. Procedimos a elegir la opción del intento con mayor valor de FI_{med}, y de ese intento elegido extrajimos los valores de FIM y Pte.

El análisis de la relación entre los valores registrados con PF y GE de las variables FI_{med}, FIM y Pte (100-150-500ms), mostró altos niveles de significación ($p < 0,001$) en los Índices de Correlación de Pearson en cada uno de los test: Cristo Extendido, Cristo en Ángulo y Mariposa (tabla 16). El análisis de Pte se realizó con el valor de 100 ms y en valores de N/s (RFD), pues muestra una mayor correlación y es considerado el más adecuado por la bibliografía (González-Badillo y Gorostiaga, 2000).

Tabla 16. Índices de Correlación de Pearson de las variables entre las mediciones con Plataforma de Fuerzas y Galgas Extensiométricas de los test de las posiciones Cristo Extendido, Cristo en Ángulo y Mariposa.

	Cristo Extendido		Cristo en Ángulo		Mariposa	
	r	p	r	p	r	p
Fuerza Isométrica media	0,92	< 0,001	0,98	< 0,001	0,96	< 0,001
Fuerza Isométrica Máxima	0,88	< 0,001	0,99	< 0,001	0,96	< 0,001
Pendiente 100 (ms)	0,76	< 0,001	0,91	< 0,001	0,94	< 0,001
Pendiente 150 (ms)	0,74	< 0,001	0,92	< 0,001	0,90	< 0,001
Pendiente 500 (ms)	0,77	< 0,001	0,78	< 0,001	0,77	< 0,001

Los resultados de las mediciones con los dos instrumentos, PF y GE, de los gimnastas R ($n = 11$) y gimnastas NR ($n = 11$) de las posiciones CE y CA se muestran en la figura 32, y los resultados de los gimnastas R ($n = 9$) y gimnastas NR ($n = 11$) de la posición M se muestran en la figura 33.

Figura 32. Resultados de las variables que mostraron diferencias entre las medidas en N/kg de gimnastas Realizadores y No Realizadores de los test de la posición Cristo Extendido y Cristo en Ángulo con Plataforma de Fuerzas y Galgas Extensiométricas.

(FIM=Fuerza Isométrica Máxima; Flmed= Fuerza Isométrica Media) (***= Diferencia entre Realizadores y No Realizadores estadísticamente significativa $p < 0,001$)

Figura 33. Resultados de las variables que mostraron diferencias entre las medidas en N/kg de gimnastas Realizadores y No Realizadores del test de la posición Mariposa con Plataforma de Fuerzas y Galgas Extensiométricas.

(FIM= Fuerza Isométrica Máxima; Flmed= Fuerza Isométrica Media) (***= Diferencia entre Realizadores y No Realizadores estadísticamente significativa $p < 0,001$)

La tabla 17 muestra los resultados de los valores hallados de la variable Pendiente (Pte) en el intervalo de 100 m/s y en parámetros de N/s (RFD). Como se puede observar,

ninguno de los test de las tres posiciones (CE, CA y M) mostraron diferencias estadísticamente significativas entre Realizadores (R) y No Realizadores (NR). Respecto a las diferencias en cuanto al instrumento de medición, tampoco se observaron diferencias.

Tabla 17. Resultados de las diferencias en la variable pendiente (N/s) entre las medidas de gimnastas Realizadores y No Realizadores de los test de las posiciones Cristo Extendido, Cristo en Ángulo y Mariposa, medidos con Plataforma de Fuerzas y Galgas Extensiométricas.

Posición	Instrumento de Medida	Grupo	Pendiente (N/s)	p
Cristo	Plataforma de	NR	1572,54 ± 828,19	0,676
	Fuerzas	R	1408,30 ± 982,91	
Extendido	Galgas	NR	1445 ± 685,61	0,148
	Extensiométricas	R	1052,73 ± 501,32	
Cristo	Plataforma de	NR	1314,08 ± 971,14	0,522
	Fuerzas	R	1623,18 ± 1235,61	
Ángulo	Galgas	NR	1141,82 ± 758,07	0,882
	Extensiométricas	R	1187,27 ± 652,09	
Mariposa	Plataforma de	NR	1407,52 ± 526,46	0,998
	Fuerzas	R	1406,56 ± 902,54	
	Galgas	NR	1201,82 ± 463,24	0,841
	Extensiométricas	R	1257,78 ± 755,81	

En la tabla 18 se muestran los resultados hallados de los Índices de Correlación de Pearson, con sus correspondientes niveles de significación, en el test de la posición Mariposa y en las variables en que se encontraron índices con significación estadística, tanto con la Plataforma de Fuerzas (PF) como con las Galgas Extensiométricas (GE).

Se aprecian elevados niveles de correlación y significación entre las mediciones de las fuerzas (FIM y FImed) realizadas con la PF y las realizadas con las GE. También se puede observar que la edad y la experiencia correlacionan positivamente, ambas con índices muy elevados, en relación a la capacidad de aplicar fuerza isométrica en esta

posición de Mariposa. En cambio, la talla y la envergadura correlacionan negativamente con la aplicación de fuerza isométrica en esta posición (tabla 18).

Tabla 18. Índices de Correlación de Pearson y niveles de significación de las variables que correlacionaron significativamente en los test de Mariposa con los dos instrumentos de medición.

		Edad	Exp	Talla	Env	PF FImed	PF FIM	GE FImed	GE FIM
Edad	r	1	,893***	-,509*	-,558*	,664**	,604**	,630**	,639**
	p		,000	,022	,011	,001	,005	,003	,002
Exp	r	0,893**	1	-,550*	-,539*	,528*	,504*	,520*	,538*
	p	,000		,012	,014	,017	,023	,019	,014
Talla	r	-,509*	-,550*	1	,935***	-,503*	-,574**	-,542*	-,555*
	p	,022	,012		,000	,024	,008	,013	,011
Env	r	-,558*	-,539*	,935***	1	-,604**	-,677**	-,648**	-,653**
	p	,011	,014	,000		,005	,001	,002	,002
PF FImed	r	,664**	,528*	-,503*	-,604**	1	,960***	,955***	,930***
	p	,001	,017	,024	,005		,000	,000	,000
PF FIM	r	,604**	,504*	-,574**	-,677**	,960***	1	,957***	,957***
	p	,005	,023	,008	,001	,000		,000	,000
GE FImed	r	,630**	,520*	-,542*	-,648**	,955***	,957***	1	,963***
	p	,003	,019	,013	,002	,000	,000		,000
GE FIM	r	,639**	,538*	-,555*	-,653**	,930***	,957**	,963***	1
	p	,002	,014	,011	,002	,000	,000	,000	

(Exp= Experiencia; Env= Envergadura; PF= Plataforma de Fuerzas; FIM= Fuerza Isométrica Máxima; GE= Galgas Extensiométricas; FImed= Fuerza Isométrica Máxima; r= Coeficiente de Correlación de Pearson)

(***Nivel de significación bilateral $p < 0,001$; **Nivel de significación bilateral $p < 0,01$; *Nivel de significación bilateral $p < 0,05$)

Los resultados de los Índices de Correlación de Pearson del test de la posición Cristo en Ángulo (CA), en las variables con niveles de correlación estadísticamente significativos y con los datos de la PF y las GE, se muestran en la tabla 19. Se vuelven a observar elevados niveles de correlación y significación entre las mediciones de las fuerzas (FIM y FImed) realizadas con la PF y las realizadas con las GE. Se puede observar que la envergadura y la talla vuelven a correlacionar negativamente con la aplicación de fuerza y en niveles aún más elevados de significación para esta posición de CA.

Tabla 19. Índices de Correlación de Pearson y niveles de significación de las variables que correlacionaron significativamente en los test de Cristo en Ángulo y con los dos instrumentos de medición.

		Edad	Exp	Talla	Env	PF FImed	PF FIM	GE FImed	GE FIM
Edad	r	1	,892***	-,465*	-,480*	,572**	,501*	,534*	,543**
	p		,000	,029	,024	,005	,018	,010	,009
Exp	r	,892***	1	-,528*	-,500*	,480*	,426*	,474*	,488*
	p	,000		,012	,018	,024	,048	,026	,021
Talla	r	-,465*	-,528*	1	,931***	-,558**	-,590**	-,541**	-,579**
	p	,029	,012		,000	,007	,004	,009	,005
Env	r	-,480*	-,500*	,931***	1	-,531*	-,565**	-,503*	-,541**
	p	,024	,018	,000		,011	,006	,017	,009
PF FImed	r	,572**	,480*	-,558**	-,531*	1	,977***	,982***	,975***
	p	,005	,024	,007	,011		,000	,000	,000
PF FIM	r	,501*	,426*	-,590**	-,565**	,977***	1	,982***	,992***
	p	,018	,048	,004	,006	,000		,000	,000
GE FImed	r	,534*	,474*	-,541**	-,503*	,982***	,982***	1	,990***
	p	,010	,026	,009	,017	,000	,000		,000
GE FIM	r	,543**	,488*	-,579**	-,541**	,975***	,992***	,990***	1
	p	,009	,021	,005	,009	,000	,000	,000	

(Exp= Experiencia; Env= Envergadura; PF= Plataforma de Fuerzas; FIM= Fuerza Isométrica Máxima; GE= Galgas Extensiométricas; FImed= Fuerza Isométrica Máxima; r= Coeficiente de Correlación de Pearson)

(***Nivel de significación bilateral $p < 0,001$; **Nivel de significación bilateral $p < 0,01$; *Nivel de significación bilateral $p < 0,05$)

Al ser reiterativos los niveles de correlación entre las mediciones obtenidas con la Plataforma de Fuerzas y las obtenidas con las Galgas Extensiométricas, mostraremos solo los resultados de las correlaciones encontradas entre las mediciones realizadas con las Galgas Extensiométricas para el análisis de las correlaciones entre variables del test del Cristo Extendido.

En la tabla 20 se muestran los Índices de Correlación de Pearson, y sus correspondientes niveles de significación, entre las características de los gimnastas y las variables de fuerza que mostraron índices de correlación a niveles estadísticamente significativos en el test de CE. Nuevamente, la envergadura y la talla correlacionaron

negativamente con las aplicaciones máxima y media de la fuerza isométrica, y con máximos niveles de significación, para esta posición de CA.

Tabla 20. Índices de Correlación de Pearson y niveles de significación entre las características del grupo y las variables de fuerza que correlacionaron significativamente en los test de Cristo Extendido medidos con las Galgas Extensiométricas.

		GE FImed	GE FIM
Edad	r	,534*	,543**
	p	,010	,009
Exp	r	,522*	,513*
	p	,013	,015
Talla	r	-,518*	-,547**
	p	,014	,008
Env	r	-,552**	-,562**
	p	,008	,006

(Exp= Experiencia; Env= Envergadura; GE= Galgas Extensiométricas; FIM= Fuerza Isométrica Máxima; FImed= Fuerza Isométrica Máxima; r= Coeficiente de Correlación de Pearson)

(**Nivel de significación bilateral $p < 0,01$; *Nivel de significación bilateral $p < 0,05$)

Los resultados obtenidos del análisis de la relación entre las tres posiciones en cuanto a Fuerza Isométrica aplicada en sus correspondientes test, tabla 21, mostraron buenos niveles de correlación (alrededor de 0,7 - 0,8) y todos con elevados niveles de significación ($p < 0,001$).

Se observaron niveles de correlación ligeramente más elevados entre las posiciones de Cristo Extendido y Cristo en Ángulo tanto en la Fuerza Isométrica Máxima como en la media (FIM y FImed).

También se observaron altos índices de correlación (próximos a 1) entre los valores de la Fuerza Isométrica Máxima con respecto a los valores de la Fuerza Isométrica media en cada una de las posiciones.

Tabla 21. Índices de Correlación de Pearson y niveles de significación entre la fuerza isométrica aplicada en los test de Cristo Extendido, Cristo en Ángulo y Mariposa.

		CE FImed	CE FIM	CA FImed	CA FIM	M FImed	M FIM
CE FImed	r	1	,993***	,764***	,776***	,746***	,729***
	p		,000	,000	,000	,000	,000
CE FIM	r	,993***	1	,773***	,788***	,733***	,714***
	p	,000		,000	,000	,000	,000
CA FImed	r	,764***	,773***	1	,990***	,673**	,717***
	p	,000	,000		,000	,001	,000
CA FIM	r	,776***	,788***	,990***	1	,693**	,735***
	p	,000	,000	,000		,001	,000
M FImed	r	,746***	,733***	,673***	,693**	1	,963***
	p	,000	,000	,001	,001		,000
M FIM	r	,729***	,714***	,717***	,735***	,963***	1
	p	,000	,000	,000	,000	,000	

(CE= Cristo Extendido; CA= Cristo en Ángulo; M= Mariposa; FIM= Fuerza Isométrica Máxima; FImed= Fuerza Isométrica Máxima; r= Coeficiente de Correlación de Pearson)

(***Nivel de significación bilateral $p < 0,001$; **Nivel de significación bilateral $p < 0,01$)

5. DISCUSIÓN.

La estructura de este apartado viene determinada por la misma seguida en los apartados de la metodología y los resultados. De este modo, sus contenidos se distribuyen también con respecto a los tres estudios o fases que se sigue la estructura de nuestro trabajo.

5.1 FASE 1: EVALUACIÓN DE LA FUERZA MEDIANTE PLATAFORMA DE FUERZAS DE LA POSICIÓN DE MARIPOSA.

Para la discusión de esta primera fase, realizamos un análisis estructurado en varios puntos. Pensamos que es una vía práctica y oportuna para organizar este conjunto de ideas. Son cinco puntos los que se abordan: metodología, variables, fiabilidad, realizadores versus no realizadores y nivel mínimo de fuerza necesario.

5.1.1 METODOLOGÍA.

Como se ha mostrado en el apartado de metodología, ha sido posible desarrollar una herramienta específica para la valoración de la fuerza estática en el aparato de anillas del elemento técnico Mariposa. El test posibilita la evaluación de la fuerza estática con una única Plataforma de Fuerzas portátil como instrumento de medición. El reducir a una sola PF supone un importante avance, pues todos los aspectos logísticos disminuyen a la mitad, con todas las ventajas que eso implica: Reducción de costes, transporte, instalación, equipo informático, etc.

La aplicación más importante de esta herramienta es su utilidad, en la propia sala de gimnasia y durante el proceso de entrenamiento, para evaluar el rendimiento del gimnasta. El desarrollo de esta herramienta viene a dar una respuesta innovadora y creativa dentro del gran espacio que este deporte dispone para nuevos sistemas de evaluación objetiva.

La información que aporta el test propuesto puede cubrir las necesidades de información para la preparación del gimnasta respecto al grado de asimilación o aprendizaje en el que se encuentra un gimnasta en el elemento técnico trabajado.

La metodología de evaluación aplicada a este elemento, podría adaptarse a otras posiciones de fuerza mantenida en anillas, posibilitando diferentes aplicaciones en el ámbito del control del entrenamiento de los gimnastas.

5.1.2 VARIABLES.

Asociado al protocolo de ejecución de la prueba de valoración, se han definido unas variables generales (FIM, FImed y Pte), variables utilizadas generalmente en test isométricos. También se han definido unas variables específicas (P-FIM, P-FImed, FIM-%, FIM-N/kg, FImed-% y FImed-N/kg). Estas últimas variables son más útiles para la evaluación específica del gimnasta ya que pueden ayudar a determinar el grado de asimilación del elemento analizado.

La aplicación del test de valoración propuesto, con dos grupos de gimnastas caracterizados por la realización o no de la Mariposa en anillas, mostró resultados interesantes. Los grupos presentan diferente capacidad de aplicar fuerza y liberar peso de la PF en este test específico (SPT). Este hecho se puso de manifiesto en la diferencia estadísticamente significativa encontrada en casi todas las variables: FIM, FImed, FIM-%, FIM-N/kg, FImed-% y FImed-N/kg.

El análisis de la Pte de la curva f-t en los primeros 100 ms de aplicación de fuerza, no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos analizados. El análisis de esta pendiente no aportó una información útil, por lo que, en función de los resultados obtenidos, no se recomienda su cálculo para el control de la mejora del gimnasta en el aparato de anillas. En concordancia con nuestros resultados, y respecto a la escasa información que aporta esta variable (definida también como ratio de desarrollo de la fuerza, RFD), González-Badillo y Ribas-Serna (2002) la indican como la medición menos fiable de todas las que se pueden extraer de un esfuerzo isométrico. Explican que es debido a que la experiencia es muy importante en este tipo de valoración y que las instrucciones deben ser muy precisas, pues estas instrucciones pueden modificar los resultados.

También en este sentido, González-Badillo e Izquierdo (2008) indican que un factor a tener en cuenta, al llevar a cabo mediciones isométricas, es la instrucción que se le proporcione al sujeto. Esto diferencia los test con una activación progresiva, de los test con una activación muscular muy rápida. Sahaly, Vandewalle, Driss y Monod, (2001)

también señalan que la instrucción transmitida al ejecutante modifica la producción de fuerza por unidad de tiempo (RFD), por lo que no obtendremos el mismo resultado si la instrucción es “*a la mayor velocidad posible*” que si se indica “*lo más fuerte y rápido posible*”. En nuestro caso seleccionamos el protocolo con activación muscular rápida por dos razones: Para intentar conseguir un mayor acercamiento al régimen de trabajo o naturaleza del esfuerzo real del gimnasta en el aparato de anillas, en el que no es posible realizar una activación progresiva, y también, para calcular y analizar la Pte de la C f-t como posible indicador de esta “fuerza explosiva isométrica” o RFD.

Los gimnastas realizadores se caracterizan por lograr liberar una mayor cantidad de fuerza medida en valores porcentuales respecto al peso del gimnasta por medio del valor de FIM ($98,75 \pm 5,65 \%$) y FImed ($91,86 \pm 7,54 \%$). Es importante subrayar que ambas variables presentan diferencias estadísticamente significativas entre los dos grupos de gimnastas analizados.

Otras variables importantes que mostraron diferencias significativas entre los gimnastas R y NR fueron las variables calculadas respecto a la masa del gimnasta FIM (N/kg) y FImed (N/kg). Estas variables determinan la capacidad de generar fuerza que poseen los gimnastas por kg de masa corporal (Arkaev y Suchilin, 2004). Específicamente en su test de evaluación indirecta con mancuernas, también de la posición de Mariposa en anillas, Gorosito (2013) relaciona el peso de estas mancuernas y el tiempo de mantenimiento del esfuerzo con respecto a la masa corporal de los gimnastas.

Estas variables que se muestran en valor porcentual o relativo serían las de mayor validez como pronóstico de realización de la posición de Mariposa utilizando esta herramienta. Las dos variables FImed y FIM, se identifican en valor relativo al peso, tal y como refleja Ariza (2004) en su trabajo dirigido hacia el pronóstico del rendimiento del gimnasta en etapas de aprendizaje, en el que expresa los indicadores de esta capacidad de los gimnastas en valores relativos al peso. También León-Prados y col (2011) establecen los valores de su batería de test expresándolos en base a la masa corporal de los gimnastas.

Uno de los inconvenientes a solventar, es la complejidad de la gestión y del tratamiento de los datos para calcular estas variables. Esto nos lleva también a intentar

reducir en lo posible la cantidad de variables a analizar, intentando ajustar nuestros análisis a aquellas con mayor grado de significación a la hora de valorar el rendimiento de los gimnastas.

5.1.3 FIABILIDAD.

El protocolo del test ha sido descrito de forma detallada de manera que puede ser reproducido por otros investigadores, aspecto necesario para comprobar la objetividad del mismo. Propósito de futuros estudios podría ser comprobar la objetividad del test propuesto, mediante la aplicación de los protocolos por otros evaluadores o investigadores.

En cualquier caso, el análisis de fiabilidad de las medidas repetidas en más de una ocasión, muestra que no existen diferencias significativas entre ellas, mostrando CCI elevados y CVETM que no superan en ningún caso el valor de 5%, lo que denota la consistencia interna en las mediciones.

Esta consistencia entre los tres intentos realizados nos permitió una mejora en los protocolos, ajustando el número de repeticiones de los test para los estudios sucesivos. Esta circunstancia tiene su relevancia desde la perspectiva del entrenamiento deportivo en gimnasia artística, pues posibilitó avanzar hacia una metodología de evaluación más propia de esta modalidad deportiva en que, tradicionalmente, se utilizan solo dos intentos (en algunos casos solo uno) para la evaluación de las pruebas de rendimiento en esta disciplina.

5.1.4 REALIZADORES VERSUS NO REALIZADORES.

A la vista de las características de la muestra, los gimnastas presentaron algunas diferencias que podrían influir en la capacidad de aplicar fuerza. Esta capacidad podría estar directamente relacionada con la edad de los gimnastas, ya que los realizadores mostraron una edad significativamente superior a los no realizadores. Una de las razones en este sentido, podría ser, la influencia de aspectos madurativos como el desarrollo hormonal. De todos modos, en el caso de este primer estudio, se trata de una muestra bastante reducida. De otro modo también podría ser debido a una mayor experiencia de los Realizadores. Este grado de experiencia podría afectar, pues los gimnastas R acumulan una mayor cantidad de horas de preparación, más en un deporte de

especialización temprana como es la gimnasia en el que se entrena entre 1000 a 1500 horas anuales (Caine y col., 1996).

De modo similar, la estatura estaría inversamente relacionada con esta capacidad de producir fuerza, pues los Realizadores mostraron una media de estatura significativamente inferior a la de los No Realizadores. En este sentido, esto difiere con las conclusiones del estudio de Gorosito (2013), quien no establece relación alguna entre las características de peso y estatura de los gimnastas con la capacidad de aplicar fuerza en el acondicionamiento físico en la posición Mariposa.

Estudios con amplia muestra de gimnastas indican la estatura reducida como un indicador favorable del rendimiento en gimnastas (Amigó y col., 2009). A la vista de nuestros resultados, la estatura sí podría ser un elemento a tener en cuenta al orientar la preparación de los gimnastas con más talla hacia otro tipo de posiciones de fuerza mantenida. Tendremos en cuenta que nuestra muestra es más heterogénea y reducida que la empleada en otros estudios (Gorosito, 2013; Hübner y Schärer, 2015).

Respecto a la masa corporal, tampoco en nuestro estudio, mostró ser un indicador influyente en la capacidad de aplicar fuerza. Esto coincide con los demás estudios en este aparato, como el desarrollado por Hübner y Schärer (2015) con diferentes dispositivos de entrenamiento y varias posiciones de fuerza mantenida en anillas, o el estudio de la posición Mariposa con mancuernas desarrollado por Gorosito (2013).

Estas características analizadas, nos animan a posteriores análisis de los aspectos relacionados con la antropometría como un elemento diferenciador del rendimiento de los gimnastas. Amigó y col. (2009) nos ofrecen un completo conjunto de características antropométricas de los gimnastas en fases de aprendizaje que se podrían medir y relacionar con la capacidad de aplicar fuerza en las posiciones de fuerza estática. De forma especial, continuar ampliando estas relaciones en el aparato de anillas con una mayor muestra (Gorosito, 2013). Esta será un aspecto que también guiará nuestro trabajo en los estudios sucesivos.

Los valores obtenidos como resultado de este primer estudio de la posición Mariposa, indican que los gimnastas NR tienen porcentajes de liberación de fuerza mucho más bajos (FIM: $75,75 \pm 8,05$ %; FImed: $69,93 \pm 6,18$ %) que los gimnastas Realizadores (FIM: $98,75 \pm 5,65$ %; FImed: $91,86 \pm 7,54$ %).

Respecto a la fuerza relativa al peso, y a la vista de estos resultados, los gimnastas Realizadores muestran en ambos casos un mejor resultado en el test realizado (FIM: $9,68 \pm 0,55$ N/kg; FImed: $9,00 \pm 0,74$ N/kg). Los gimnastas NR muestran valores más bajos en estas dos variables específicas (FIM: $7,42 \pm 0,79$ N/kg; FImed: $6,85 \pm 0,61$ N/kg).

Estas diferencias encontradas muestran que una sola PF nos permite diferenciar entre gimnastas R y NR de esta posición de fuerza estática tanto en valores porcentuales de peso corporal liberado como en fuerza generada relativa a la masa corporal.

5.1.5 NIVEL MÍNIMO DE FUERZA.

Como puede apreciarse en la figura 34, la variable general FImed, aunque en el caso de los R está muy próxima a la liberación total del peso corporal ($48,11 \pm 45,70$ N), no disminuye por debajo del valor 0. Lo que indica que, como promedio, los gimnastas Realizadores no llegaron a igualar o superar su peso corporal.

Figura 34. Gráfica de las medias de los valores directos obtenidos con Plataforma de Fuerzas de gimnastas Realizadores y No Realizadores en las variables generales de aplicación de fuerza en la posición Mariposa.

Una razón por la que no se observó en más casos valores por debajo de 0 N (pese a contar con 4 gimnastas R), podría estar en la ubicación del peso añadido a los gimnastas. El nivel de fuerza de las contracciones isométricas está directamente relacionado con el ángulo concreto en que se ejecuta y prepara una posición (Schärer y Hübner, 2016). Al estar este peso situado en la cintura, podría producir un pequeño cambio en la localización del centro de gravedad, implicando una modificación de las condiciones en

que los Realizadores ejecutan la posición (Figura 35.a) y limitando su capacidad de aplicar fuerza. Esta situación podría resolverse colocando el peso añadido al gimnasta en el tórax, por ejemplo, mediante un chaleco lastrado.

Figura 35. Imágenes de posibles desviaciones respecto a la posición adecuada del gimnasta en la realización de la Mariposa en las anillas (Adaptado de FIG, 2017).

Otro motivo para no superar la liberación total del peso, también podría estar en el nivel de exigencia del test al colocar las anillas en el plano idóneo de realización de la posición. Puede ocurrir que el gimnasta realizador se sitúe en un plano distinto de la posición de agarre o ligeramente elevado (Figura 35.b); lo que supone una penalización por ejecución (FIG, 2017). Un estudio biomecánico de la ubicación del centro de gravedad y de la posición real del gimnasta en relación a las anillas aportaría una información útil también en este sentido.

Alcanzar una liberación próxima al 100% calculada por medio de la variable FIM y superar un valor aproximado del 90%, en el caso de calcular la variable FImed, podrían ser valores indicativos de que el gimnasta posee la capacidad de fuerza adecuada para ejecutar este elemento (Bango y col. 2013; Bango, Sillero-Quintana y Grande, 2017).

Alcanzar una capacidad de generar fuerza por kilogramo de masa corporal (con esta herramienta de medición) superior a 9 N/kg en la variable FIM, y próximo a 9 N/kg en la variable FImed; podrían ser valores indicativos de que el gimnasta posee la capacidad de fuerza adecuada para ejecutar este elemento (Bango y col., 2017; Bango y col., 2013).

A la vista de estos datos hemos demostrado que, además de diferenciar entre gimnastas Realizadores y No Realizadores, esta novedosa metodología de evaluación permite al entrenador conocer la cantidad de fuerza aplicada por parte del gimnasta. Y conocida la cantidad de fuerza necesaria que hay que aplicar para realizar esta posición, se puede saber lo cerca o lo lejos que está el gimnasta de realizar la posición de Mariposa en anillas. Será objeto de nuestro estudio el ampliar esta valiosa información para mejorar el rendimiento de gimnastas de alto nivel a otras posiciones de fuerza estática en las anillas.

5.2 FASE 2: EVALUACIÓN DE LA FUERZA MEDIANTE PLATAFORMA DE FUERZAS DE LA POSICIÓN MANTENIDA DE CRISTO EN ÁNGULO.

Continuamos la discusión del segundo estudio o fase con la misma estructura de exposición y dando contenido a los mismos apartados que en el punto anterior.

5.2.1 METODOLOGÍA.

Esta segunda fase del estudio contenía dos desafíos muy importantes a nivel metodológico: (1) Abordar la evaluación de una segunda posición de fuerza mantenida en las anillas aplicando la metodología diseñada en la primera fase de nuestro estudio; (2) Aplicar dicha metodología a un grupo muy numeroso de gimnastas.

El Cristo en Ángulo, al igual que la Mariposa del estudio anterior, es otro elemento técnico que requiere un alto nivel de fuerza isométrica máxima relativa aplicada para mostrar una posición con la calidad requerida en las posiciones de fuerza estática. Este alto nivel de fuerza debe mantenerse, también durante un período de dos segundos, para evitar la penalización según el CP. El "Cristo" (CE) de gimnasia, es una posición de fuerza estática o mantenimiento considerada fundamental para todos los atletas de anillas (Dunlavy y col. 2007).

Como explicamos en la página 36, la posición de cristo es la más repetida, aparece en 31 elementos de un total de 93 que muestran posiciones de fuerza estática en su estructura. Cualquiera de estos elementos se puede mostrar indistintamente con el cuerpo extendido (CE), o en ángulo (CA). Esto supone que, entre los elementos de anillas listados en el CP de fuerza de mantenida, la parte más numerosa (33,3 % del total) pueden incluir la posición estudiada en esta fase, el Cristo en Ángulo (CA).

Aplicando las bases metodológicas del estudio anterior (posición M), en esta fase del estudio, conseguimos comparar la fuerza aplicada entre gimnastas R y NR en una segunda posición de fuerza mantenida en las anillas, el Cristo en Ángulo (CA), utilizando también una sola PF para evaluar la fuerza aplicada por el gimnasta (Bango, Navandar, Sillero y Grande, 2017).

Se aplicó esta metodología a un grupo de 20 gimnastas, lo que supone una aplicación del test a casi la totalidad de los gimnastas de la selección nacional. Entre otros elementos, supuso un gran reto para la organización de las pruebas y el registro de los datos. Se contó con idéntica cantidad de gimnastas Realizadores (n=10) como No Realizadores (n=10). Fruto de esta aplicación se encontraron grandes diferencias entre R y NR, indicando que la producción de fuerza es el factor esencial cuando se trata de ejecutar la posición CA en las anillas.

Las mejoras realizadas sobre el test anterior (de la posición M) facilitaron las posibilidades de éxito de estas pruebas. Reducir el número de intentos facilitó la labor de evaluar un grupo mucho más numeroso de gimnastas. En relación al intento seleccionado como dato para los análisis, viene explicado en la discusión de las variables en el siguiente punto. Por otro lado, la sustitución del cinturón lastrado por el chaleco aportó feedback positivos por parte de la totalidad de los participantes.

Añadir con respecto a la posición evaluada de Cristo en Ángulo, que (según el CP) este elemento es considerado como el Cristo Extendido, por lo que la información sobre la fuerza aplicada en el CA es igualmente importante. La fuerza de flexión de la cadera realizada en esta posición, además de ofrecer una alternativa de desarrollo del “Cristo”, nos puede dirigir a la evaluación de una posición que tiene un valor de dificultad superior en el CP, el Cristo en “V” (CV), posición 15 del Grupo II y Dificultad “C” (FIG, 2017).

5.2.2 VARIABLES.

Estudios anteriores (González-Badillo y Ribas-Serna, 2002; Bango et al., 2013) calcularon la pendiente (Pte) de la C f-t. No se calculó en esta parte del estudio pues se contó en este segundo estudio con muchos más participantes, por lo que quisimos centrar los cálculos hacia las variables más significativas. También nos apoyamos en que, como

ya ha sido reflejado, la información proporcionada por la RFD es la menos fiable de las mediciones de un esfuerzo isométrico (González-Badillo y Ribas-Serna, 2002).

Del mismo modo, a la vista de los resultados obtenidos en el estudio de la posición Mariposa (M), centramos nuestro análisis en la magnitud más específica de las variables FIM y FImed, tomando la que cuantifica la aplicación de fuerza estandarizada con la masa corporal del gimnasta (Amigó y col., 2009; León-Prados y col., 2011; Arkaev y Suchilin, 2004; Ariza, 2004), es decir, la fuerza aplicada por kg de masa corporal.

Como apuntamos anteriormente con respecto a los intentos, tomamos el mejor intento de los dos realizados para los análisis de las variables dependientes. Esta decisión la tomamos pensando que tomar el valor medio de los dos intentos, como se hizo en el primer test, es hacer una media de un valor que ya es una media de valores, pues la FImed es una variable obtenida de los valores de un intervalo de tiempo. Optamos de este modo por tomar un valor directo obtenido del instrumento de medición, lo que es un valor real, no calculado. Subrayar que, para determinar el mejor intento, se tomó el de mayor valor de la FImed como criterio de elección, pues la consecución de la posición es por la aplicación de la fuerza durante ese intervalo de tiempo de dos segundos (FIG, 2017).

5.2.3 FIABILIDAD.

Las características son casi idénticas del test de la fase anterior, se ha reproducido exactamente con equivalente método, fases de registro, variables, etc. en otro momento y con otros gimnastas, lo cual demuestra en gran parte la objetividad de este tipo de test. Las posteriores pruebas que realizamos aportarán reproducibilidad de estos test. No se realizaron pruebas estadísticas de fiabilidad en esta fase, en este sentido se aportarán la de la fase tercera.

5.2.4 REALIZADORES VERSUS NO REALIZADORES.

En lo referente a las características de los gimnastas (Tabla 12), se puede observar que la masa corporal fue similar y no muestra diferencias, en cuanto a la capacidad de realización, tampoco para la posición de CA, reforzando estos resultados lo establecido en estudios anteriores (Schärer y Hübner, 2016; Bango y col., 2013).

Sin embargo, una mayor edad y experiencia, mostraron ser indicadores de mayor capacidad de ejecución también de la posición CA. Estos hallazgos son contrarios a otros estudios (Hübner y Schärer, 2015; Gorosito, 2013), que contaron con una muestra más homogénea de gimnastas participantes. A nuestro parecer, una mayor edad y experiencia está probablemente relacionada con una mejora de los niveles de fuerza. Como apuntábamos en el estudio anterior (posición CA) podría ser por razones, bien de madurez fisiológica, o bien, porque el entrenamiento de las posiciones de fuerza mantenida también es crucial para el desarrollo de la fuerza necesaria para los elementos de fuerza estática en anillas (Bango y col., 2013; Schärer y Hübner, 2016).

También para la posición de CA, una menor estatura indicaría una mayor capacidad de aplicar fuerza, pues los gimnastas R mostraron una talla media significativamente inferior a la de los gimnastas NR. Esto confirma nuestro criterio, incluso aumentando su significación con respecto a la Mariposa. A nuestro parecer, la estatura podrá ser un aspecto a valorar por el entrenador en su tarea de la preparación de los gimnastas, orientando a aquellos con más talla hacia otro tipo de posiciones de fuerza mantenida. Tendremos en cuenta que nuestra muestra es más heterogénea y también mayor que la empleada en otros estudios (Gorosito, 2013; Hübner y Schärer, 2015).

Los gimnastas Realizadores (R) fueron capaces de producir una FIM ligeramente superior a su propio peso corporal. También fueron capaces de mantener una mayor cantidad de fuerza durante 2 segundos (FImed), tiempo determinante para importantes aspectos de nuestros estudios (Figura 36). Estos resultados son similares a los obtenidos por Bango y col. (2013) sobre la producción de fuerza en la posición de Mariposa en las anillas usando una metodología muy parecida.

Como en la fase anterior se confirma que los NR liberaron de la PF una cantidad de fuerza mucho menor (Bango y col., 2013). Esto indica que también para la posición CA se necesita aplicar una cantidad de fuerza adecuada para lograr realizar correctamente este elemento técnico. En la figura 36 podemos observar la similitud de la proporción entre los valores de Realizadores y No Realizadores en ambas posiciones. Aunque se trata de muestras de características diferentes, se puede apreciar que tanto gimnastas R como NR tienen una capacidad de producir fuerza ligera y significativamente mayor ($p<0,05$) en la posición Cristo en Ángulo que en la posición Mariposa.

Figura 36. Comparación de la Fuerza Isométrica media entre el Cristo en Ángulo y la Mariposa de gimnastas Realizadores y No Realizadores.

La mejor capacidad de producir fuerza de una posición respecto a otra se podría relacionar con los niveles de dificultad establecidos en el CP (FIG, 2017). Pudiendo establecer una relación empírica entre la dificultad para aplicar fuerza y un valor superior de la posición en el CP, la Mariposa tiene un valor “D” y el Cristo en Ángulo un valor “B” (FIG, 2017).

Estos resultados se identifican con la afirmación de que con instrumentos adecuados se puede obtener una curva f-t para la medición de la fuerza isométrica, como establecen autores sumamente relevantes en el estudio de la fuerza como son González-Badillo y Ribas-Serna (2002).

Es de suma importancia, desde la perspectiva del entrenamiento deportivo, el confirmar que una única PF puede ser utilizada en la sala de gimnasia artística durante el proceso de entrenamiento (Bango y col., 2013) para evaluar dos posiciones de fuerza diferentes. Diferenciando a gimnastas Ry NR, también de la posición CA, además de la posición M vista anteriormente.

5.2.5 NIVEL MÍNIMO DE FUERZA.

Los resultados de este segundo estudio de evaluación de la posición CA, mostraron que una capacidad de aplicar fuerza igual o superior a 9,52 N/kg (en los dos segundos más estables del esfuerzo, FImed), sería indicativo de que el gimnasta posee la capacidad de fuerza adecuada para ejecutar la posición CA en las anillas, aplicando

nuestro test de evaluación de la posición Cristo en Ángulo (LCPT). Si quisiéramos orientarnos por el valor de fuerza máximo aplicado (FIM), variable que mostró diferencias mucho más significativas entre R y NR ($p < 0,001$), un valor igual o superior a 10,40 N/kg de Fuerza Isométrica Máxima en este test, sería indicativo de realización del Cristo en Ángulo en las anillas.

La información proporcionada por el test LCPT cubre, de forma práctica e innovadora, el espacio de evaluación cuantitativa sobre el nivel de asimilación o aprendizaje del gimnasta de la posición de Cristo en Ángulo. Esto aporta a nuestros estudios otra importante aplicación de esta herramienta, pues aporta retroalimentación tanto al entrenador como al gimnasta. Esta información es muy útil para mejorar el rendimiento de los gimnastas de alto nivel en la preparación de otra posición más de fuerza estática en las anillas.

Por lo tanto, el uso de una Plataforma de Fuerzas también da una orientación de lo cerca o lejos que el gimnasta está de realizar la posición de CA en anillas. Este estudio revalida el uso de una única PF para distinguir entre gimnastas R y NR no solo del elemento técnico Mariposa, si no además del Cristo en Ángulo en las anillas.

5.3 FASE 3: EVALUACIÓN DE LA FUERZA MEDIANTE USO COMBINADO DE PF Y GE DE LAS POSICIONES M, CE Y CA.

5.3.1 METODOLOGÍA.

El término “consolidación del método” podría expresar perfectamente lo que supuso esta última fase del estudio. Los retos principales en este sentido eran: (1) Aplicar la metodología establecida en las fases anteriores con otra herramienta de evaluación de la fuerza estática; (2) Validar este nuevo instrumento de evaluación con la Plataforma de Fuerzas como instrumento de análisis biomecánico; (3) Abordar la evaluación de una tercera posición de fuerza mantenida en las anillas.

Como se ha mostrado en el apartado de metodología, con algunas mejoras, aplicamos el mismo procedimiento de las dos fases anteriores. Conseguimos registrar simultáneamente las fuerzas con una Plataforma de Fuerzas y unas Galgas Extensiométricas integradas en los cables de los que se suspenden las anillas.

El alto nivel de correlación entre los valores registrados con la PF y GE de las variables FImed, FIM y la Pte (en cada uno de sus intervalos, 100-150-500 ms), y en cada uno de los test realizados (tabla 16), son prueba de que los resultados con uno u otro instrumento son equivalentes. Esta equivalencia también se reflejó en los altos índices de correlación hallados entre las variables independientes (experiencia, talla, envergadura, etc.) y los valores de las variables dependientes (fuerzas aplicadas). Además, estos indicadores, son prácticamente iguales entre las mediciones de ambos instrumentos (tablas 18 y 19). De igual modo, es prueba de este nivel de semejanza, el alto grado de similitud entre los valores de las fuerzas aplicadas en los distintos test, ya hayan sido obtenidos con la PF o con las GE (tablas 33 y 34).

Queda demostrado y podemos afirmar que, a la vista de los resultados obtenidos en estas pruebas, es igual de válido el uso de la Plataforma de Fuerzas que el uso de las Galgas Extensiométricas para la evaluación de la aplicación de fuerza en cualquiera de los tres elementos técnicos valorados (CE, CA y M).

La aplicación de las GE como instrumento equivalente a la PF constituye, a nuestro juicio, la mayor de las aportaciones de estos estudios a la mejora del rendimiento de los gimnastas de alto nivel a través de la innovación en los sistemas de evaluación de la fuerza estática en anillas. Las Galgas Extensiométricas son mucho más accesibles que las Plataformas de Fuerzas. El coste económico de las GE es mucho menor que la PF, son mucho más simples de instalar y, a su vez, son menos pesadas y aparatosas de transportar. Además, desde una perspectiva práctica, son un instrumental mucho más fácil de utilizar (a nivel general) dentro del curso habitual de una sesión de entrenamiento común.

En lo referente a la inclusión de una posición más en este estudio final, mencionar que el Cristo es un elemento clave en los ejercicios de anillas de Gimnasia Artística Masculina (Carrara, Amadio, Serrao, Irwin, Mochizuki, 2016). Este importante elemento técnico (identificado como Cristo Extendido para nuestro estudio), ha sido la tercera posición de fuerza mantenida evaluada aplicando nuestra metodología de estudio. Se obtuvo información muy útil, también para esta posición, sobre los niveles de fuerza necesarios para que un gimnasta consiga esta posición. También se obtuvo información respecto a las características de los gimnastas con respecto a la realización de este

elemento, y a su vez, se encontraron relaciones entre los valores de fuerza de este (CE) y las otras posiciones evaluadas (CA y M).

Si en la discusión de la fase anterior, apuntábamos la posibilidad del estudio de otra versión del cristo, el Cristo en “V” (CV). El hecho de conseguir evaluar el CE en esta tercera fase, nos llevó a pensar que también se podría evaluar otra posición más. Se trata de un elemento técnico de gran valor y poco habitual en los ejercicios de competición de alto nivel en anillas, la Mariposa Invertida (MI), posición 11 del Grupo II y Dificultad “E” (FIG, 2017).

El estudio conjunto de la evaluación de las posiciones de Cristo Extendido, Cristo en Ángulo y Mariposa, permitió también, observar unos índices buenos en cuanto a la relación (alrededor de 0,7-0,8) entre la ejecución de las tres posiciones. La relación entre el Cristo Extendido y el Cristo en Ángulo, aun siendo los que mostraron mayor índice de correlación, fueron solo ligeramente superiores a los establecidos entre el Cristo Extendido y la Mariposa. Se observó una relación levemente inferior entre la Mariposa y el Cristo en Ángulo.

Para Hübner y Schärer (2015) hay una explicación para la alta correlación entre los elementos de anillas, para estos autores esta relación no sorprende, a partir de que puede haber una similitud de movimiento en algunas características (nivel de realización, especialización en este aparato), o semejanzas como la posición articular de partida o la actividad muscular general.

5.3.2 VARIABLES.

En cuanto a la inclusión de nuevas variables independientes en esta fase, ello permitió valorar otras y diferentes características de los gimnastas. El peso corporal, una vez más, no influyó en la generación de las fuerzas. Es importante destacarlo, porque los gimnastas más pesados no son los que generan más fuerza, aspecto incluso valorado como positivo desde la perspectiva de conciencia de la salud por algunos autores (Hübner y Schärer, 2015). En un sentido más amplio encontramos evidencia científica de que los gimnastas son más bajos y ligeros que la población normal (Amigó y col., 2009).

La alta correlación entre la talla y la envergadura es interesante, pues hay publicaciones que afirman una escasa relación entre estas mediciones antropométricas y

la aplicación de fuerza (Gorosito, 2013). Nuestros hallazgos demuestran que aquellos con menor talla y envergadura, extremidades superiores más cortas, mostraron mayor capacidad de aplicar fuerza en las tres posiciones. Otros estudios establecen una relación entre el tamaño corporal (talla) y la fuerza solo en la posición Mariposa (Hübner y Schärer, 2015; Gorosito, 2013).

Esta relación, entre la longitud de las extremidades superiores y la aplicación de fuerza isométrica media, se acusa más en la posición de Mariposa tanto en índice de correlación como en nivel de significación. Entendemos que esto tiene una explicación biomecánica inmediata y es que, al ser las palancas menores, menores son los momentos de las fuerzas, y menor debe ser la cantidad de fuerza a ejercer para mantener el cuerpo en la posición.

Otra reflexión en el sentido de las características estudiadas, es la que nos aportan las mediciones de talla sentado y de la talla. En la primera (talla sentado), no hubo diferencias entre gimnastas R y NR y en cambio en la segunda (talla) si existieron. Si la longitud de la parte superior del cuerpo no influye en la capacidad de aplicar fuerza, indirectamente podríamos establecer, que la longitud de las extremidades superiores si podría influir.

Esta información, sobre las características de los gimnastas en cuanto a la capacidad de aplicar fuerza en las posiciones estáticas de anillas, es de gran aplicación en el entrenamiento deportivo, pues ayuda al entrenador a orientar la preparación del gimnasta en la consecución de las posiciones de fuerza en función de sus características. Además, a partir de estas consideraciones, se abre una puerta a futuros estudios para relacionar las características morfológicas (antropométricas) con la capacidad de aplicar fuerza en distintas posiciones.

El nivel de experiencia, en relación a la capacidad de aplicar fuerza, mostró índices y nivel de significación similar para las tres posiciones (CE, CA, M). No se evidenciaron diferencias con respecto a la discusión de la fase anterior, confirmando así, que la experiencia está relacionada (probablemente) con una mejora de los niveles de aplicación de fuerza isométrica en las posiciones evaluadas. En esta parte volvemos a evidenciar que un grupo numeroso y heterogéneo, con diferentes niveles de experiencia,

es más proclive a mostrar una relación de esta variable con la aplicación de fuerza (Bango y col., 2013; Hübner y Schärer, 2015;).

En cuanto a la Pendiente (Pte) o desarrollo de la fuerza por unidad de tiempo (RFD) la literatura nos indica que, en este tipo de mediciones, la Fuerza Isométrica Máxima se alcanza en períodos muy cortos, a veces en 120 ms, por lo que las mediciones en un intervalo de 100 o 150 ms sería lo adecuado, concretamente 100 ms (aunque son estudios no publicados) (González-Badillo y Ribas-Serna, 2002). Estudiamos los tres períodos (100-150 y 500 ms) ante la posibilidad de que la complejidad del esfuerzo en esta posición pudiera aportar evidencia distinta en alguno de los intervalos. En este sentido nuestros hallazgos mostraron la mayor correlación entre los dos instrumentos de medición en el período de 100 ms.

Los valores obtenidos del intervalo seleccionado (100 ms), mostraron esta variable solo como una variable más para demostrar la equivalencia entre las mediciones de este intervalo con cualquiera de los dos instrumentos. Por lo demás, no mostró correlación con ninguna de las demás variables ni diferencias entre los grupos de Realizadores y No Realizadores. Con todo esto pensamos que, una vez más, se reafirma como una medición ni válida ni fiable para diferenciar la capacidad de aplicar fuerza isométrica en las posiciones de fuerza mantenida (González-Badillo y Ribas-Serna, 2002; Bango et al., 2013). Añadiendo un argumento más en este sentido, que son los resultados obtenidos del análisis de esta variable en estas últimas evaluaciones realizadas (CE, CA y M).

Como principal variable para cuantificar la cantidad de fuerza aplicada, en este último estudio, centramos nuestra atención principalmente en la Fuerza Isométrica media (FI_{med}). Esta variable, ha mostrado altos niveles de significación estadística en las diferencias entre grupos y también en los índices de correlación con diferentes las otras variables analizadas. Además, presenta una gran analogía con la realización de estas posiciones de fuerza estática, aspecto reflejado en la bibliografía del entrenamiento deportivo en cuanto a la especificidad para la evaluación del gesto deportivo (González-Badillo y Gorostiaga, 2000; Smolevski y Gaverdovskiy, 1996; Zatsiorsky, 1989).

5.3.3 FIABILIDAD.

Los Índices de Correlación Intraclass (ICC) hallados entre los dos intentos realizados en cada una de las tres posiciones y con los datos obtenidos por ambos instrumentos de medición, alcanzaron valores muy elevados (entre 0,92 y 0,98). Cualquier valor de este índice por encima de 0,7 – 0,8 sería suficiente para poder considerarlos como intentos equivalentes. Estos altos índices son de gran trascendencia para su aplicación en el entrenamiento deportivo de gimnasia artística, pues supone un respaldo científico a la metodología de evaluación empleada para la evaluación en los test físicos en este deporte. La metodología de evaluación en gimnasia artística toma como indicador de rendimiento, el mejor valor entre los dos intentos realizados en una prueba.

5.3.4 REALIZADORES VERSUS NO REALIZADORES

De nuevo en este estudio, la pendiente (velocidad de aplicación de la fuerza), no mostró diferencias entre Realizadores y No Realizadores. Pero, una vez más y en todas y cada una de las posiciones evaluadas, los gimnastas Realizadores mostraron unos índices de aplicar fuerza significativamente diferentes (con máximos niveles de significación) para las tres posiciones: Cristo Extendido, Cristo en Ángulo y Mariposa. Como apuntábamos anteriormente, los valores de fuerza aplicada obtenidos son muy similares (prácticamente equivalentes) en ambos instrumentos de medición. Es por esta razón, por la que discutiremos con los datos del instrumento más práctico a partir de los hallazgos de este estudio, las Galgas Extensiométricas.

Reiteramos la Fuerza Isométrica media como el indicador más específico de valoración de la aplicación de fuerza. En la figura 37 se distinguen los valores de Fuerza Isométrica media aplicada (FI_{med}), desarrollados en las posiciones CE, CA y M de gimnastas Realizadores y No Realizadores en esta última fase del estudio.

Figura 37. Valores de Fuerza Isométrica media desarrollados por gimnastas Realizadores y No Realizadores en los test realizados en la fase 3 del estudio.

Em este último estudio (con mayor muestra), se observó una diferencia sustancialmente mayor entre la capacidad de aplicar fuerza en las posiciones de CE y CA con respecto a la posición M. Se distingue más claramente, a partir de estos resultados, que es más fácil aplicar fuerza en las posiciones de CE y CA que en la posición M (en la que es más difícil aplicar fuerza). De modo que otra aplicación novedosa e interesante de este estudio sería, cuantificar las diferencias del grado de dificultad de las posiciones de fuerza estática que vienen establecidas cualitativamente en el Código de Puntuación.

Viendo los valores de los gimnastas NR en la posición CA, podrían estar más cercanos de conseguir el CA que el CE. Esto supone una información muy útil desde la perspectiva táctica para el entrenador (Leon, 1999). Saber cuál es la posición más cercana de conseguir, puede concentrar la preparación del gimnasta hacia este elemento técnico y poder utilizarlo como opción más inmediata de posición de fuerza estática para incluir en su rutina de competición.

Al no existir diferencias entre los grupos en la velocidad de alcance de la fuerza, las diferencias se aprecian en las situaciones donde la posición tiene que estar mantenida. Esto puede ser interpretado como que los gimnastas R y NR son capaces de desarrollar las fuerzas a la misma velocidad pero los gimnastas R llegan a generar mayor fuerza cuando la posición es mantenida.

Este aspecto podría ser debido a la mayor práctica (experiencia), como se aprecia en los niveles de correlación de esta variable con la aplicación de la fuerza. La

experiencia también está muy relacionada con la edad, y más al tratarse de un deporte de especialización temprana. Este argumento se ve reforzado en esta fase con un ligero aumento de la muestra y la inclusión de la evaluación de una posición más (CE). Ello fortalece nuestra visión frente a los otros estudios en que la edad no correlacionó con la fuerza (Hübner y Schärer, 2015). Si bien, debemos tener también presentes, los aspectos con respecto a los niveles de maduración hormonal mencionados anteriormente.

5.3.5 NIVEL MÍNIMO DE FUERZA.

La aplicación de nuestros test de evaluación en esta fase (como se puede observar en la figura 37) indica, que la cantidad de fuerza necesaria para conseguir realizar la posición Cristo Extendido con el test (CPT) debería ser igual o superior a 9,60 N/kg; para conseguir el Cristo en Ángulo (LCPT) igual o superior a 9,65 N/kg; y para la consecución de la Mariposa (SPT) igual o superior a 8,61 N/kg; y todos estos valores medidos en los dos segundos más estables del esfuerzo (FImed). Estos valores serían indicativos de que el gimnasta posee la capacidad de fuerza adecuada para ejecutar cada una de las respectivas posiciones en las anillas.

El entrenamiento de las posiciones de fuerza mantenida es crucial para el desarrollo de la fuerza requerida para los elementos de anillas (Hesson, 1985). Una aplicación muy útil, a partir de los datos anteriores y desde la perspectiva del entrenamiento deportivo en gimnasia artística, es establecer niveles de intensidad de entrenamiento. Mediante las herramientas de evaluación desarrolladas se puede obtener el esfuerzo máximo (1RM) de cada gimnasta en cada una de estas posiciones, y a partir de ese dato, establecer una dosificación de la intensidad de los estímulos.

Estos datos obtenidos con nuestros instrumentos de evaluación se pueden relacionar con otros ejercicios de acondicionamiento (Schärer y Hübner, 2016; Hübner y Schärer, 2015; Gorosito, 2013). También se podrían desarrollar sistemas de entrenamiento utilizando las GE como medio de aplicación de diferentes niveles de intensidad de fuerza.

Los niveles de intensidad de entrenamiento para la mejora de las posiciones de fuerza estática cuentan con distintas propuestas; el 90% de 1RM para el CE (Starischka, 1978; Starischka y Tschiene, 1977), el sistema de entrenamiento francés que establece el 75 % del peso corporal del gimnasta para los ejercicios de acondicionamiento de las

posiciones (Hübner y Schärer, 2015), o el 60 % del peso corporal determinado específicamente para la Mariposa (Gorosito, 2013).

La información proporcionada por los test desarrollados (CPT, LCPT y SPT), puede aportar información muy válida sobre el nivel de fuerza del gimnasta para guiarle en su preparación en el aparato de anillas. Estos test constituyen una respuesta a la inexistencia de recursos para medir la fuerza en el aparato de anillas, afirmado en alguna publicación (Gorosito, 2013), y se suman al conjunto de métodos de medición de la intensidad de la fuerza en las posiciones de anillas (Bango y col., 2017; Bango y col., 2013; Carrara y col., 2016; Dunlavy y col., 2007; Gorosito, 2013; Hübner y Schärer; 2015; Schärer y Hübner; 2016).

Finalizar subrayando la importancia que tiene que, además del uso de una Plataforma de Fuerzas, la utilización de dos Galgas Extensiométricas (integradas en los cables sobre los que se suspenden las anillas) son válidas para saber lo cerca o lejos que el gimnasta está de realizar las posiciones de Cristo Extendido, Cristo en Ángulo y Mariposa en anillas. Este estudio valida el uso de dos Galgas Extensiométricas, así como el de una única Plataforma de Fuerzas, para distinguir entre gimnastas R y NR de los elementos técnicos CE, CA y M en anillas. A su vez, ambas fuentes de campo, permiten conocer el nivel mínimo de fuerza necesario para alcanzar estas posiciones y llegar a saber lo cerca o lejos que está el gimnasta de conseguir realizar estas posiciones de fuerza estática en las anillas.

6. CONCLUSIONES.

En primer lugar y a la vista de los resultados obtenidos, podemos confirmar la hipótesis de que los gimnastas realizadores de los elementos técnicos en anillas de Cristo Extendido, Cristo en Ángulo y Mariposa tendrán una mayor capacidad de generar fuerza y una mayor capacidad porcentual de liberar peso que los gimnastas no realizadores.

En relación a los objetivos planteados para este trabajo, se derivan las siguientes conclusiones de la realización de nuestros estudios:

- Se ha desarrollado una metodología para evaluar la aplicación de fuerza isométrica de un gimnasta en tres posiciones diferentes de anillas, en condiciones de campo, utilizando una Plataforma de Fuerzas y unas Galgas Extensiométricas.
- Se han diseñado unos protocolos específicos para evaluar la producción de fuerza isométrica en las posiciones de anillas de Cristo Extendido, Cristo en Ángulo y Mariposa, con gimnastas Realizadores y No Realizadores de estas posiciones.
- Se han definido la Fuerza Isométrica media (FI_{med}), Fuerza Isométrica Máxima (FIM) y Pendiente (Pte) como variables para evaluar la aplicación de fuerza isométrica en anillas.
- Se ha comprobado la fiabilidad de las mediciones, obteniendo correlaciones de 0,92 a 0,98 entre las mediciones de cada instrumento (PF y GE) en los tres test aplicados.
- Las variables específicas Fuerza Isométrica media (FI_{med}) y Fuerza Isométrica Máxima (FIM), han identificado diferencias estadísticamente significativas entre los sujetos R y NR en las tres posiciones de fuerza estática estudiadas.
- El nivel mínimo de fuerza aplicada necesario para conseguir realizar cada posición de fuerza estática es:
 - Test de Cristo Extendido (CPT): igual o superior a 9,60 N/kg.

- Test de Cristo en Ángulo (LCPT): igual o superior a 9,65 N/kg.
- Test de Mariposa (SPT), igual o superior a 8,61 N/kg.

7. LIMITACIONES DEL ESTUDIO.

Como puntos negativos o mejorables en la metodología empleada, podemos indicar, que el cálculo de las variables requiere un largo procesamiento de datos. Por el momento, esto no permite proporcionar al gimnasta biofeedback de forma instantánea. Sin embargo, con la mejora y automatización del procesamiento de datos, este largo período se puede reducir sustancialmente.

Otra limitación es que el nivel de conocimiento y de manejo de estos softwares, es elevado, lo que supone una limitación añadida para poder procesar correctamente los datos e interpretar los resultados.

8. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

El protocolo del test se ha descrito de forma detallada, de manera que puede ser reproducido por otros investigadores, aspecto necesario para comprobar la objetividad del mismo. Propósito de futuros estudios podría ser el analizar esta objetividad en cada uno de los test propuestos.

Un estudio biomecánico de la ubicación del centro de gravedad y de la posición real del gimnasta en relación a las anillas, aportaría información muy útil. Esta información estaría dirigida a estudiar la relación del ángulo de desviación respecto a la posición ideal, con respecto a la cantidad de fuerza aplicada por el gimnasta.

Realizar un estudio analizando la relación entre diferentes características antropométricas de los gimnastas y su capacidad de aplicar fuerza en diferentes posiciones de mantenimiento en anillas.

Pensamos que no resultaría dificultoso aplicar esta metodología a otras posiciones distintas de fuerza mantenida en este aparato. Dos de estas posiciones podrían ser: el Cristo en “V” (CV), posición 15 del Grupo II y Dificultad “C” (FIG, 2017) y la Mariposa Invertida (MI), posición 11 del Grupo II y Dificultad “E” (FIG, 2017).

Tras haber demostrado la validez de la Plataforma de Fuerzas y las Galgas Extensiométricas como instrumentos de medición válidos para evaluar la producción de fuerza isométrica en anillas, podría ser objeto de otras investigaciones, el estandarizar las mediciones entre ambas herramientas de evaluación de la fuerza estática, e incluso, con otros posibles instrumentos de evaluación desarrollados.

9. REFERENCIAS.

- Amigó, A. I., Faciabén, A. B., Evrard, M. M., Ballarini, P. A. G., & Marginet, M. C. (2009). Talla, peso, somatotipo y composición corporal en gimnastas de elite españoles desde la infancia hasta la edad adulta. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 44(161), 18-28.
- Araújo, C. (2004). *Manual de ayudas en gimnasia*. (Bicolor). Editorial Paidotribo.
- Ariza, J.C. (2004). La fuerza relativa como variable de pronosticación del rendimiento deportivo en gimnasia artística. *Kronos*, 6, 60-73.
- Ariza-Vargas, L., López-Bedoya, J., Domínguez-Escribano, M., & Vernetta-Santana, M. (2011). The effect of anxiety on the ability to learn gymnastic skills: A study based on the schema theory. *The Sport Psychologist*, 25(2), 127-143.
- Arkaev, L., & Suchilin, N. G. (2004). *How to create champions: the theory and methodology of training top-class gymnasts*. Meyer & Meyer Verlag.
- Asseman, F., & Gahery, Y. (2005). Effect of head position and visual condition on balance control in inverted stance. *Neuroscience letters*, 375(2), 134-137.
- Atiković, A., Tabaković, M., & Čuk, I. (2008). Utvrđivanje usvojenosti elemenata iz sportske gimnastike na parteru učenika i učenica osnovnih i srednjih skola. *Sportekspert*, 1(1).
- Bango B., Navandar A., Sillero M., & Grande I. (2017). Evaluation of isometric force production in L-sit cross in rings among elite male artistic gymnasts. *Journal Human Sport Exercise*. ISSN 1988-5202. D.O.I. 10.14198/jhse (Aceptado pendiente de publicación)
- Bango, B., Sillero-Quintana, M., & Grande, I. (2017). Evaluación de la producción de fuerza en gimnasia artística masculina en situación real. *Actas 13º Congreso Internacional de Ciencias del Deporte y la Salud*. ISBN: 978-84-943477-6-4 D.L. C-611-2017
- Bango, B., Sillero-Quintana, M., & Grande I. (2013). New tool to assess the force production in the swallow. *Science of Gymnastics Journal*, 5(3), 47-58.

- Beaudin, P. A. (1978). The prediction of gymnastic performance through an analysis of selected physical, physiological and anthropometric variables. Electronic Thesis or Dissertation. McGill University.
- Bernasconi, S., Tordi, N., Parratte, B., Rouillon, J.D., & Monnier, G. (2004). Surface electromyography of nine shoulder muscles in two iron cross conditions in gymnastics. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 44(3), 240-245.
- Bernasconi, S.M., Tordi, N.R., Parratte, B.M., & Rouillon, J.D.R. (2009). Can shoulder muscle coordination during the support scale at ring height be replicated during training exercises in gymnastics?. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(8), 2381-2388.
- Bernasconi, S., Tordi, N., Parratte, B., Rouillon, J. D., & Monnier, G. (2004). Surface electromyography of nine shoulder muscles in two iron cross conditions in gymnastics. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 44(3), 240.
- Bernasconi, S. M., Tordi, N. R., Parratte, B. M., Rouillon, J. D. R., & Monnier, G. G. (2006). Effects of two devices on the surface electromyography responses of eleven shoulder muscles during Azarian in gymnastics. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(1), 53-57.
- Bernasconi, S. M., Tordi, N. R., Parratte, B. M., & Rouillon, J. D. R. (2009). Can shoulder muscle coordination during the support scale at ring height be replicated during training exercises in gymnastics? *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(8), 2381-2388.
- Bessi, F. (2016). El mundo de la gimnasia artística en teoría y práctica. Editorial Dunken.
- Bompa, T. O. (2006). Periodización del entrenamiento deportivo (Vol. 24). Editorial Paidotribo.
- Brewin, M. A., Yeadon, M. R., & Kerwin, D. G. (2000). Minimising peak forces at the shoulders during backward long swings on rings. *Human Movement Science*, 19(5), 717-736.

- Caine, C. G., Caine, D. J., & Lindner, K. J. (1996). The epidemiologic approach to sports injuries. *Epidemiology of sports injuries*, 1-13.
- Campos, M. (2008). A importância do "hirondelle" na estruturação e valorização dos exercícios de argolas em ginástica artística masculina. Monografia realizada no âmbito da disciplina de Seminário do 5º ano de licenciatura em Desporto e Educação Física, da Opção Complementar de Desporto de Rendimento – Ginástica, da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto
- Campos, M. J., Côrte-Real, C., & Lebre, E. (2009). The importance of the Swallow constructing and valuing rings exercises of Men's Artistic Gymnastics. *Palestrica of the Third Millennium Civilization & Sport*, 10(2).
- Campos, M., Sousa, F., & Lebre, E. (2011). The swallow element and muscular activations. In *ISBS-Conference Proceedings Archive (Vol. 1, No. 1)*.
- Carrara, P., Amadio, A. C., Serrao, J. C., Irwin, G., & Mochizuki, L. (2016). The cross on rings performed by an Olympic champion. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 30(1), 71-77
- Carrara, P., & Mochizuki, L. (2009). Análise biomecânica do crucifixo nas argolas. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 16(2), 83-89.
- Christ, C. B., Slaughter, M. H., Stillman, R. J., Cameron, J., & Boileau, R. A. (1994). Reliability of Select Parameters of Isometric Muscle Function Associated With Testing 3 Days x 3 Trials in Women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 8(2), 65-71.
- Claessens, A. L., Lefevre, J., Beunen, G., & Malina, R. M. (1999). The contribution of anthropometric characteristics to performance scores in elite female gymnasts. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 39(4), 355.
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112(1), 155-159.
- Cools, A. M., Geerooms, E., Van den Berghe, D. F., Cambier, D. C., & Witvrouw, E. E. (2007). Isokinetic scapular muscle performance in young elite gymnasts. *Journal of athletic training*, 42(4), 458.

- Cottyn, J., Clercq, D. D., Crombez, G., & Lenoir, M. (2008). The role of preparatory heart rate deceleration on balance beam performance. *Journal of sport and exercise Psychology*, 30(2), 159-170.
- Cuk, I., & Karácsony, I. (2002). Rings-Methods, Ideas, Curiosities, History: Paul Ziert & Associates. Inc. USA.
- Dallas, G., & Kirialanis, P. (2010). Judges' evaluation of routines in men's artistic gymnastics. *Science of Gymnastics Journal*, 2, 49-58.
- Daly, R. M., Rich, P. A., & Klein, R. (1998). Hormonal responses to physical training in high-level peripubertal male gymnasts. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 79(1), 74-81.
- Davlin, C. D., Sands, W. A., & Shultz, B. B. (2001). The role of vision in control of orientation in a back tuck somersault. *Motor Control*, 5(4), 337-346.
- Delač, S., Babin, J., & Katić, R. (2007). Effects of biomotor structures on performance of competitive gymnastics elements in elementary school female sixth-graders. *Collegium antropologicum*, 31(4), 979-985.
- Dunlavy, J. K., Sands, W. A., McNeal, J. R., Stone, M. H., Smith, S. L., Jemni, M., & Haff, G. G. (2007). Strength performance assessment in a simulated men's gymnastics still rings cross. *Journal of sports science & medicine*, 6(1), 93.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39, 175-191.
- Fédération Internationale de Gymnastique. (2006). Código de Puntuación de Gimnasia Artística Masculina. Lausane: FIG.
- Fédération Internationale de Gymnastique. (2009). Código de Puntuación de Gimnasia Artística Masculina. Lausane: FIG.
- Fédération Internationale de Gymnastique. (2013). Código de Puntuación de Gimnasia Artística Masculina. Lausane: FIG.

- Fédération Internationale de Gymnastique. (2017). Código de Puntuación de Gimnasia Artística Masculina. Lausanne: FIG.
- Fink, H. (1999). Remarks. Comunicação apresentada em Medico Technical Symposium - Apparatus and Injuries, Tianjin – China
- García Carretero, M. (2003). Las anillas: un aparato de la gimnasia artística masculina. Tesis doctoral del departamento de física e instalaciones aplicadas a la edificación, al medio ambiente y al urbanismo. Madrid: E.T.S. de Arquitectura (U.P.M.)
- González-Badillo, J. J. (2000). Concepto y medida de la fuerza explosiva en el deporte: posibles aplicaciones al entrenamiento. *Red: revista de entrenamiento deportivo*, 14(1), 5–16.
- González-Badillo, J. J. G., & Gorostiaga, E. M. (1997). Fundamentos del entrenamiento de la fuerza: Aplicación al alto rendimiento deportivo. Inde publicaciones.
- González-Badillo, J. J. G., & Gorostiaga Ayestarán, E. G. (2002). Fundamentos del entrenamiento de la fuerza: Aplicación al alto rendimiento deportivo (Vol. 302). Inde.
- González-Badillo, J. J., & Gorostiaga Ayestarán, E. (2000). Metodología del entrenamiento para el desarrollo de la fuerza. Primer Curso Modulo, 3.3. Centro Olímpico de Estudios Superiores. Comité Olímpico Español.
- González-Badillo, J. J., & Izquierdo, M. (2006). Fuerza muscular: concepto y tipos de acciones musculares. López Chicharro J, Fernández Vaquero A, editores. Fisiología del Ejercicio. 3ª ed. Madrid: Ed. Panamericana.
- González-Badillo, J.J. & Izquierdo Redín, M. (2008) Evaluación de la fuerza en el control del entrenamiento y el rendimiento deportivo. En Izquierdo Redín, M. Biomecánica y Bases Neuromusculares de la Actividad Física y el Deporte (pp. 632-644). Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- González-Badillo, J. J. G., & Ribas-Serna, J. R. (2002). Bases de la programación del entrenamiento de fuerza (Vol. 308). Inde.

- Gorosito, M. A. (2013). Relative strength requirement for Swallow element proper execution: A predictive test. *Science of Gymnastics Journal*, 5(3), 59-67.
- Grande, I., Figueroa, J., Hontoria, M., Bautista, A., San Martín, M.J., & Hervás, M. (2008). Jump capacity in relation to performance of top female artistic gymnasts. *XIII Annual Congress of the ECSS*, July 8-12th, Estoril, Portugal.
- Grande, I., Figueroa, J., Hontoria, M., & Bautista, A. (2009). Evolución y comparación de la capacidad de salto de los equipos nacionales de gimnasia artística femenina y rítmica durante la preparación del Campeonato del Mundo 2007. *Revista Kronos*, 8(15).
- Grandi, B. (1995). Didáctica y metodología de la Gimnasia Artística. Societá Stampa Sportiva. Ed: Juris
- Grandi, B. (2008). A History Of The Code Points. In F. I. d. Gymnastique (Ed.), Men's Code Of Points
- Hadjiev, N. (1981). Gymnastique artistique. Moutier: Fédération Internationale de Gymnastique.
- Heinen, T., Jeraj, D., Thoeren, M., & Vinken, P. M. (2011). Target-directed running in gymnastics: the role of springboard position as an informational source to regulate handspring on vault. *Biology of Sport*, 28(4), 215.
- Hesson, J. (1985). How to learn an Iron Cross (shoulder joint adduction). *International Gymnast*, 10, 40-41.
- Hübner, K., & Schärer, C. (2015). relationship between swallow, support scale and iron cross on rings and their specific preconditioning strengthening exercises. *Science of Gymnastics Journal*, 7(3).
- Jaimes Laguado, M. F. (2012). Determinación de un modelo predictivo de la fuerza explosiva máxima en estudiantes de Educación Física. Granada: Universidad de Granada.
- Jemni, M., Sands, W. 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?. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(4), 899-907.
- Komi, P. V., & Tesch, P. (1979). EMG frequency spectrum, muscle structure, and fatigue during dynamic contractions in man. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 42(1), 41-50.
- León-Prados, J. A., Gómez-Píriz, P. T., & González-Badillo, J. J. (2011). Relación entre test físicos específicos y rendimiento en gimnastas de élite.(Relationships between specific physical test and competitive performance in high-level gymnasts). *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. doi: 10.5232/ricyde, 7(22), 58-71.
- Leon Guzman F.M. (1999). La demostración de los errores técnicos como medio para la mejora del proceso de enseñanza aprendizaje de la gimnasia artística. Tesis doctoral. Servicio de Publicaciones. Universidad de Extremadura.
- López, J., & Vernetta, M. (2010). Application of a test of basic gymnastic ability to identify potential talents y artistic gymnastics in the generic phase of adaptation and initiation to the physical activity. *European Journal of Human Movement*, 3, 67-87.
- Marina, M. (2003). Valoración, entrenamiento y evolución de la capacidad de salto en gimnasia artística de competición (Doctoral dissertation, Tesis doctoral. Barcelona: Universidad de Barcelona).
- Marina, M. R. (1993). Valoració de les distintes expressions de la força del salt en gimnàstica artística. *Apunts Medicina de l' Esport*, 30(117), 233-244.
- Marina, M., Jemni, M., Rodríguez, F. A., & Jimenez, A. (2012). Plyometric jumping performances of male and female gymnasts from different heights. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(7), 1879-1886.
- Morenilla, L., López-Bedoya, J., & Cudeiro, J. (2010). Efecto de la cantidad de información visual permitida sobre el aprendizaje de habilidades acrobáticas. *European Journal of Human Movement*, 14, 109-117.

- Pastor, F. S. (2003). Gimnasia artística - Los fundamentos de la técnica. Madrid: Biblioteca Nueva
- Pérez Soriano, P. (2004). Análisis de parámetros biomecánicos durante la recepción en colchonetas y su influencia en los mecanismos de lesión en gimnasia deportiva. Tesis doctoral. Valencia: Universitat de València.
- Plessner, H., & Schallies, E. (2005). Judging the cross on rings: A matter of achieving shape constancy. *Applied Cognitive Psychology*, 19(9), 1145-1156.
- Pool, J., Binkhorst, R. A., & Vos, J. A. (1969). Some anthropometric and physiological data in relation to performance of top female gymnasts. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 27(4), 329-338.
- Roetzheim, B. (1991). The code of points through 2000. In *United States Gymnastics Federation Congress*, USA (pp. 59-61).
- Sands, W. A. (2003). Physiology. In W. Sands, D. Caine & J. Borms (Ed.) Scientific aspects of women's gymnastics. (Vol. 45, pp. 128-161): *Med sports Sci Basel*, Karger
- Sands, W. A., Dunlavy, J. K., Smith, S. L., Stone, M. H., & McNeal, J. R. (2006). Understanding and training the Maltese. *Technique*, 26(5), 6-9.
- Sands, W. A., McNeal, J. R., Penitente, G., Murray, S. R., Nassar, L., Jemni, M., Mizuguchi, S. & Stone, M. H. (2016). Stretching the spines of gymnasts: a review. *Sports Medicine*, 46(3), 315-327.
- Schärer, C., & Hübner, K. (2016). Prediction of maximum resistance accuracy at five and seven seconds holding times from a three seconds static maximum strength test of the elements iron cross, support scale and swallow on rings using the devices counterweight or additional weight. *Science of Gymnastics Journal*, 8(2).
- Sahaly R., Vandewalle H., Driss T., & Monod, H. (2001) Maximal voluntary force and rate of force development in humans--importance of instruction. *Eur J Appl Physiol*, 85(3-4), 345-50.

- Siff, M. C., & Verkhoshansky, Y. (2004). Superentrenamiento (Vol. 24). Editorial Paidotribo.
- Singh, H.; Rana, R. & Walia, S. (1987). Effect of strength and flexibility in performance in men's gymnastics. In B. Petiot, J. Salmela & T. Hoshizaki (Ed.) World identification systems for gymnastic talent (pp. 118-120). Montreal.: Sport Psyches Editions
- Sleeper, M. D., Kenyon, L. K., & Casey, E. (2012). Measuring fitness in female gymnasts: the gymnastics functional measurement tool. *International journal of sports physical therapy*, 7(2), 124.
- Smolevskiy, V., & Gaverdovskiy, I. (1996). Tratado general de gimnasia artística deportiva. Paidotribo.
- Sobera, M., Siedlecka, B., Piestrak, P., Sojka-Krawiec, K., & Graczykowska, B. (2007). Maintaining body balance in extreme positions. *Biology of Sport*, 24(1), 81.
- Sprigings, E. J., Lanovaz, J. L., Watson, L. G., & Russell, K. W. (1997). Removing swing from a handstand on rings using a properly timed backward giant circle: a simulation solution. *Journal of biomechanics*, 31(1), 27-35.
- Stark, C., & In, T. G. (1989). Development of physical characteristics as a precondition for achieving high sports results in gymnastics (apparatus). In Coach education: proceedings of the Maccabiah-Wingate International Congress (pp. 155-157).
- Starischka, S. (1978). Überlegungen zur Erstellung disziplinspezifischer Krafttrainingsprogramme im Kunstturnen. *Leistungssport*, 8(5), 405-411.
- Starischka, S. & Tschiene, P. (1977). Anmerkungen zur Trainingssteuerung. *Leistungssport*, 7(4), 275-281.
- Sterkowicz, K., & Sterkowicz, K. (2009). Comparative analysis of the olympic games during men's artistic gymnastics between 1988 and 2000. *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte*, 4(4).
- Tidow, G. (1990). Aspects of strength training in athletics. *New Studies in Athletics*, 1, 93-110.

- Tous, J. (1999). Nuevas tendencias en fuerza y musculación, Barcelona: Ergo
- Ukran, ML (1978). Gimnasia deportiva. Zaragoza: Editorial Acribia
- Velez, M. (1991). Periodización en el año de una competición del máximo nivel. Cuaderno de Atletismo. Madrid. Real Federación Española de Atletismo, (31), 121-149.
- Vernetta, M., López, J., & Delgado, M. A. (2010). Shared assessment in learning gymnastic skills in European higher education space. *European Journal of Human Movement*, 23, 123-141.
- Vittori, C. (1990). El entrenamiento de la fuerza para el sprint. *Red: Revista de entrenamiento deportivo*, 4(3), 2-8.
- Weineck, J. (2005). Entrenamiento total (Vol. 24). Editorial Paidotribo.
- Wilson, G. J., Newton, R. U., Murphy, A. J., & Humphries, B. J. (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 25(11), 1279-1286.
- Yamada, T., Watanabe, K., Kiguchi, K., & Izumi, K. (2002). Control for a rings gymnastic robot using fuzzy reasoning and genetic algorithms. *Artificial Life and Robotics*, 6(3), 113-119.
- Young, W. (1995). Laboratory strength assessment of athletes. *New Studies in Athletics*, 10, 89-89.
- Zatsiorsky, V. M. (1989). Metrología deportiva. Planeta.
- Zatsiorsky, V. M., & Kraemer, W. J. (2006). Science and practice of strength training. Human Kinetics.

10. ANEXOS.

10.1 ANEXO 1: PRUEBAS PILOTO.

PRUEBA PILOTO 1: Registro desplazamiento CDG con apoyo sobre Fitball

OBJETIVO

- Comprobar el registro de Fz y el desplazamiento del CDG de la plataforma de fuerzas apoyando pesos sobre un fitball situado sobre la plataforma de fuerzas.

MATERIALES

- PF Portátil Kitsler (Portable Multicomponent ForcePlate 9281CA).
- FitBall (FB) (65 cm).
- Otros: pesas de disco.

PROTOCOLO

Se colocaron discos sobre el Fitball apoyado sobre la plataforma y se realizaron movimientos anteroposteriores y circulares para comprobar el valor de Fz registrado por la plataforma y el desplazamiento del CDG.

MUESTRA

Esta prueba no necesitaba la realización de ningún gimnasta.

RESULTADOS

Se comprobó que el registro de las F_z (N) de la plataforma y los desplazamientos del CDG realizados con las pesas sobre el Fitball eran correctos:

OBSERVACIONES

Tras encontrarse satisfactorias las pruebas realizadas y no siendo observadas inicialmente anomalías en el uso combinado de ambos elementos se procedió a la experimentación en la Sala de GAM del Centro de Alto Rendimiento (CAR) de Madrid.

PRUEBA PILOTO 2: Registro de Fuerza y CDG en posiciones en anillas.

OBJETIVO

- Analizar el registro de Fz y el desplazamiento del CDG de la plataforma de fuerzas en la ejecución de diferentes posiciones de anillas.

MATERIALES

• PF Portátil Kitsler (Portable Multicomponent ForcePlate 9281CA). • FitBall (FB). • Superficie sólida (61 x 190,5 x 2,2 cm).	• Anillas de Entrenamiento (AE) • Plinto (65 cm) • Barra 8 Kg. Discos 2.5, 5, 10 y 15 kg.

PROTOCOLO

- 1- Regulación de la altura de las anillas a la altura requerida por la posición.
 - 2- El gimnasta se sitúa sobre el FB o directamente sobre la PF (en el suelo o sobre el plinto).
 - 3- El gimnasta avisa al evaluador cuando está listo y el evaluador activa el registro, programado para 10 seg.
 - 4- Tras 3 seg. el evaluador da señal para que el gimnasta aplique fuerza y la mantenga 5 seg.
- Definición del protocolo para los Test de Fuerza de Anillas, **Rings Strength Test (RST)**.

MUESTRA

La 5 gimnastas del equipo Nacional realizaron las pruebas con PF o con PF y FB:

- Posición CE - CA 4 R y 1 NR.
- Posición M: 2 R y 3 NR.
- Edad (años).
- Talla (cm).

PF	PF+FB	CE	CA	M	EDAD	TALLA	PESO
	✓	R	R	R	R	27	161
✓	✓	R	R	R	R	27	170
✓	✓	R	R	NR	NR	29	170
✓	✓	NR	NR	NR	NR	15	175
✓	✓	R	R	NR	NR	18	167

RESULTADOS

- Registro de las Fz (N) de la plataforma y los desplazamientos del CDG realizados sobre: Suelo; plinto y FB.
- Posiciones Cristo Extendido (CE), Cristo en Ángulo y Mariposa (M).

OBSERVACIONES

- Se rechazó el FB por la irregularidad del registro, debido posiblemente a la energía elástica generada por el peso.
- Se pudieron distinguir tres fases en la curva f-t del Fx:
 - Fase de preparación (próxima al peso del cuerpo)
 - Fase de aplicación explosiva de la fuerza.
 - Fase de sostenimiento o aplicación de fuerza isométrica.
- La prueba sobre el plinto se identificó la más adecuada para las posiciones de M y CA.
- En la posición CE los gimnasta hicieron flexión plantar para impulsarse.
- Los gimnastas más fuertes perdían contacto con la PF y se perdía el registro.
- Se decidió incorporarles un cinturón lastrado para evitarlo.
- Otros:
 - No hubo diferencias de ruido entre plataforma en el suelo y situada sobre el plinto.

PRUEBA PILOTO 3: Registro de fuerzas con Galgas Extensiométricas.

OBJETIVO

- Comprobar el registro de las fuerzas con dos galgas extensiométricas integradas en los cables de los que se suspenden las anillas..

MATERIALES

• Dos Galgas Extensiométricas (GE) Mark-10 Serie 5 MR01-1000. (20Hz) • Dos ordenadores portátiles con software programa MESUR Lite Mark 10	• Anillas de Entrenamiento (AE). • Plinto (65 cm). • Superficie sólida (61 x 190,5 x 2,2 cm). • Barra 8 Kg. Discos 5 y 10 kg.

PROTOCOLO

- Se integraron las GE en cada uno de los cables de las anillas.
- Se comprobó el registro de tensión en Newtons a frecuencia de 20 Hz. de cada una de las GE.
- Se situaron distintos pesos en las anillas obteniendo el registro simultáneo con las dos GE

MUESTRA

Esta prueba no necesitaba la realización de ningún gimnasta.

RESULTADOS

- Se obtuvieron registros satisfactorios de las tensiones ejercidas en cada uno de los cables.
- Se comprobó que la suma del registro de las Fuerzas (N) de las GE coincidía con los distintos pesos totales colocados en las anillas:

OBSERVACIONES

Tras encontrarse satisfactorias las pruebas realizadas y no siendo observadas inicialmente anomalías en el uso simultáneo de las dos galgas, se propuso el test de fuerza a un grupo de gimnastas.

PRUEBA PILOTO 4: Evaluación de la fuerza en las posiciones Cristo Extendido y Cristo en Ángulo con Galgas Extensiométricas.

OBJETIVO

- Medir la fuerza con Galgas Extensiométricas (GE) con gimnastas Realizadores (R) y No Realizadores (NR) de Cristo Extendido (CE), Cristo en Ángulo (CA).

MATERIALES

- Dos Galgas Extensiométricas (GE) Mark-10 Serie 5 MR01-1000. (20 Hz)
- Dos ordenadores portátiles con software programa MESUR Lite Mark 10
- Anillas de Entrenamiento (AE).
- Plinto (65 cm).
- Superficie sólida (61 x 190,5 x 2,2 cm).
- Listón de madera (100 x 10 x 10 cm).
- Dos Chaleco lastrados (95 N).

PROTOCOLO

- Ajustar los materiales a la posición adecuada para cada posición y gimnasta.
 - Para CE: gimnasta se sitúa de pie con los talones sobre el listón de madera (para evitar el impulso con flexión plantar), anillas reguladas a la altura de los hombros con brazos en cruz.
 - Para CA: Plinto centrado longitudinalmente bajo anillas, gimnasta sentado sobre plinto y anillas reguladas a la altura de los hombros con brazos en cruz.
- El gimnasta avisa al evaluador cuando está listo y el evaluador activa el registro, programado para 10 seg
- Tras 3 seg. el evaluador da señal para que el gimnasta aplique fuerza y la mantenga 5 seg.
- Se realizaron 4 intentos, recuperación entre 3 -5 min.

MUESTRA

- 3 gimnastas del equipo Nacional:
 - Posición CE 2 R y 1 NR.
 - Posición CA: 7 R y 7 NR.
 - Edad (años).
 - Talla (cm).
 - Peso (N).

CE	CA	EDAD	TALLA	PESO
NR	NR	16	175	582
R	R	27	170	705
R	R	26	162	614

RESULTADOS

- Se pudieron distinguir tres fases en la curva f-t de las fuerzas registradas.

- Fase de preparación (próxima al peso del cuerpo)
- Fase de aplicación explosiva de la fuerza.
- Fase de sostenimiento o aplicación de fuerza isométrica.

- Se obtuvieron los siguientes datos de las sumas de las GE:

		CRISTO EXTENDIDO						CRISTO ANGULO					
		PICO			MEDIA			PICO			MEDIA		
	Intento	FZA PIC	FPRA	FPKg	Fza MED	FRAFM	FMKg	FZA PIC	FPRA	FPKg	Fza MED	FRAFM	FMKg
NR	1	560,00	96%	9,43	543,66	93%	9,15	518,00	89%	8,72	474,68	82%	7,99
	2	564,00	97%	9,49	556,00	95%	9,36	526,00	90%	8,85	519,80	89%	8,75
	3	564,00	97%	9,49	552,20	95%	9,29	516,00	89%	8,68	508,68	87%	8,56
	4	554,00	95%	9,32	539,02	93%	9,07	520,00	89%	8,75	516,24	89%	8,69
R	1	780,00	111%	10,84	728,44	103%	10,13	760,00	108%	10,56	724,63	103%	10,07
	2	792,00	112%	11,01	773,32	110%	10,75	766,00	109%	10,65	748,88	106%	10,41
	3	774,00	110%	10,76	762,68	108%	10,60	802,00	114%	11,15	786,44	112%	10,93
	4	802,00	114%	11,15	738,59	105%	10,27	772,00	110%	10,73	738,54	105%	10,27
R	1	686,00	111%	10,90	669,61	109%	10,64	718,00	116%	11,41	709,51	115%	11,27
	2	652,00	106%	10,36	635,80	103%	10,10	706,00	114%	11,22	699,27	113%	11,11
	3	632,00	102%	10,04	594,05	96%	9,44	710,00	115%	11,28	660,88	107%	10,50
	4	678,00	110%	10,77	658,73	107%	10,46	742,00	120%	11,79	676,44	110%	10,75

FZA PIC ó FP: Fuerza Pico Registrada por las GE

FPRA: Fuerza Pico en valor porcentual al peso.

FPKg: Fuerza Pico por Kg de masa.

FZA MED Fuerza Media Registrada por las GE

FRAFM: Fuerza Media en 2 seg en valor porcentual al peso.

FMKg: Fuerza Media en 2 seg. por Kg de masa.

OBSERVACIONES

- Uso del chaleco resultó adecuado.
- Cálculo de variables más directo.
- Dos mejores intentos para el análisis.

CRISTO EXTENDIDO 2 seg GALGAS					CRISTO ANGULO 2 seg GALGAS				
REAL	Mj %	Mj NKg	Md %	Md NKg	REAL	Mj %	Mj NKg	Md %	Md NKg
NR	95%	9,36	95%	9,33	NR	89%	8,75	89%	8,72
R	110%	10,75	109%	10,68	R	112%	10,93	109%	10,67
R	109%	10,64	108%	10,55	R	115%	11,27	114%	10,77

- Cálculo de la media y mejor de la Fuerza Isométrica en 2 seg. entre los dos.

Mj: Mejor entre dos intentos.

Md: Media entre dos intentos.

PRUEBA PILOTO 5: Evaluación de la fuerza de tres posiciones combinando Plataforma de Fuerzas y Galgas Extensiométricas.

OBJETIVO

- Medir la fuerza simultáneamente con Plataforma de Fuerzas (PF) y Galgas Extensiométricas (GE) a un grupo de gimnastas Realizadores (R) y No Realizadores (NR) de las posiciones Cristo Extendido (CE), Cristo en Ángulo (CA) y Mariposa.

MATERIALES

• PF Portátil Kitsler (Portable Multicomponent ForcePlate 9281CA). • Dos Galgas Extensiométricas (GE) Mark-10 Serie 5 MR01-1000. (20 Hz) • Dos ordenadores portátiles con software programa MESUR Lite Mark 10	• Anillas de Entrenamiento (AE). • Plinto (65 cm). • Superficie sólida (61 x 190,5 x 2,2 cm). • Listón de madera (100 x 10 x 10 cm). • Dos Chalecos lastrados (95 N).

PROTOCOLO

- Instalar PF y GE en las AE.
- Un solo evaluador hace los tres inputs (ordenador PF y los dos Portátiles).
- Frecuencias de ambos instrumentos a 20 Hz.
- Ajustar equipamientos en función de la posición a evaluar (pruebas piloto 2 y 4).
- Calibrar PF con chaleco lastrado.
- Gimnasta situado adecuadamente para cada posición de CE, CA y M (pruebas piloto 2 y 4).
- El gimnasta avisa al evaluador cuando está listo y el evaluador activa el registro, programado para 10 seg
- Tras 3 seg. el evaluador da señal para que el gimnasta aplique fuerza y la mantenga 5 seg.
- Cada gimnasta realizó dos intentos.

MUESTRA

- 5 gimnastas del equipo Nacional:
 - Posición CE 2 R y 3 NR.
 - Posición CA: 1 R y 3 NR.
 - Posición M: 1 R y 3 NR
 - Edad (años); Talla (cm); Peso (N).

CE	CA	M	EDAD	TALLA	PESO
NR	NR	NR	17	177	742
R	-	-	29	161	665
NR	NR	NR	18	178	738
NR	NR	NR	17	167	538
R	R	R	23	169	657

RESULTADOS

- Se extrajeron los siguientes resultados de los datos generales:

PLATAFORMA FUERZAS									
CRISTO EXTENDIDO					CRISTO ANGULO				
REAL	Mj %	Mj NKg	Md %	Md NKg	REAL	Mj %	Mj NKg	Md %	Md NKg
NR	72%	7,10	67%	6,52	NR	70%	6,82	69%	6,79
R	101%	9,93	99%	9,67	X	X	X	X	X
NR	65%	6,41	65%	6,35	NR	75%	7,34	73%	7,13
NR	80%	7,80	77%	7,57	NR	78%	7,64	77%	7,51
R	82%	8,03	79%	7,71	R	98%	9,61	97%	9,51

GALGAS EXTENSOMÉTRICAS									
CRISTO EXTENDIDO					CRISTO ANGULO				
REAL	Mj %	Mj NKg	Md %	Md NKg	REAL	Mj %	Mj NKg	Md %	Md NKg
NR	75%	7,38	69%	6,80	NR	79%	7,75	75%	7,30
R	104%	10,19	101%	9,88	X	70%	6,87	70%	6,87
NR	69%	6,75	67%	6,56	NR	X	X	X	X
NR	80%	7,80	78%	7,67	NR	78%	7,65	77%	7,56
R	86%	8,47	81%	7,98	R	101%	9,87	99%	9,73

REAL: Nivel de realización

Mj %: Mejor intento en valor porcentual al peso

Mj N/kg: Mejor intento en N/kg de masa.

Md % Media entre los dos intentos en valor porcentual al peso.

Md N/kg: Media entre dos intentos en N/kg de masa.

OBSERVACIONES

- Adecuada sincronización de activación por un solo evaluador (tres “clicks” simultáneos).
- Dos mejores intentos para el análisis.
- Cálculo de la media y mejor de la Fuerza Isométrica en 2 seg. entre los dos.
- Repetición de algún intento:
 - Por calidad del esfuerzo.
 - Fallo en la sincronización del evaluador.
 - Apagado de uno de los transductores.

10.2 ANEXO 2: CONSENTIMIENTO INFORMADO.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, D/D^a....., con DNI..... habiendo sido informado previamente autorizo la toma de datos del proyecto “Valoración de diferentes expresiones de fuerza y equilibrio por medio de plataforma de fuerzas y galgas extenso-métricas en gimnasia artística masculina: aplicación específica al aparato de anillas” cuyo objetivo es mejorar el rendimiento y control del entrenamiento así como diferenciar factores de rendimiento en deportistas exitosos, y será realizado por Dr. Ignacio Grande Rodríguez. Para la que realizaré elementos de fuerza en unas anillas regulables en altura siendo los datos registrados mediante una Plataforma de Fuerzas Portátil y unas Galgas Extenso-métricas integradas en los cables de las anillas.

En el estudio se respetará la normativa vigente referente al tratamiento automatizado de datos (Ley Orgánica 5/1992, de 29 de octubre, de Regulación del Tratamiento Automatizado de los Datos de Carácter Personal y 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal), siendo los resultados de las mismas **confidenciales**.

He leído, comprendo y asumo libremente los riesgos de la prueba, siendo acordado que si en cualquier momento durante la realización de la misma cambiara de opinión por cualquier motivo puedo decidir no seguir realizándola. Permito que se traten los datos con la única finalidad *científica*, en tanto se respeten la confidencialidad y el anonimato de los datos, y la cesión y el tratamiento se efectúe previo procedimiento de disociación, de forma que no puedan ser expuestos en relación con mi persona.

Deseo que me envíen una copia de los resultados del estudio al e-mail:

Firma Interesado:

En Madrid a.....de.....de 20....

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, D/D^a....., con DNI..... como padre o tutor legal del menor, habiendo sido informado previamente, autorizo la toma de datos del proyecto “Valoración de diferentes expresiones de fuerza y equilibrio por medio de plataforma de fuerzas y galgas extenso-métricas en gimnasia artística masculina: aplicación específica al aparato de anillas” cuyo objetivo es mejorar el rendimiento y control del entrenamiento así como diferenciar factores de rendimiento en deportistas exitosos, y será realizado por Dr. Ignacio Grande Rodríguez. Para la que realizará elementos de fuerza en unas anillas regulables en altura siendo los datos registrados mediante una Plataforma de Fuerzas Portátil y unas Galgas Extenso-métricas integradas en los cables de las anillas.

En el estudio se respetará la normativa vigente referente al tratamiento automatizado de datos (Ley Orgánica 5/1992, de 29 de octubre, de Regulación del Tratamiento Automatizado de los Datos de Carácter Personal y 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal), siendo los resultados de las mismas **confidenciales**.

He leído, comprendo y asumo libremente los riesgos de la prueba, siendo acordado que si en cualquier momento durante la realización de la misma cambiara de opinión por cualquier motivo puede decidir no seguir realizándola. Permito que se traten los datos con la única finalidad *científica*, en tanto se respeten la confidencialidad y el anonimato de los datos, y la cesión y el tratamiento se efectúe previo procedimiento de disociación, de forma que no puedan ser expuestos en relación con su persona.

Deseo que me envíen una copia de los resultados del estudio al e-mail:

Firma Interesado:

En Madrid a.....de.....de 20....

10.3 ANEXO 3: ARTÍCULOS Y COMUNICACIONES.

Bango B., Sillero-Quintana M., Grande I. NEW TOOL TO ASSESS THE FORCE PRODUCTION... Vol. 5 Issue 3: 47 - 58

NEW TOOL TO ASSESS THE FORCE PRODUCTION IN THE SWALLOW

Benjamín Bango, Manuel Sillero-Quintana, Ignazio Grande

Physical Activity and Sport Sciences Faculty (INEF), Technical University of Madrid (UPM),
SPAIN

Research article

Abstract

8 men artistic gymnasts were evaluated with a new test protocol in order to assess isometric strength in a specific hold position on still rings. The proposed test protocol measures the force applied the gymnast on the rings from an initial lying prone position on a force platform while he is trying to achieve the Swallow (or Hirondelle) position. The vertical force (F_z) from the forcetime curve registered (100 Hz) was used and it showed a descent from the initial body weight level caused by the gymnast force on the rings and, later, a maximal isometric force period. Fundamental and derivate variables to extract from the evolution of F_z were defined. Results showed significant statistical differences between gymnasts that could perform the Swallow (P) from those that could not (NP) ($p < 0.05$). Performer gymnasts were characterized by a higher percentage of body weight descent and higher strength in relation to body mass ($p < 0.05$). The practical application of this tool could be to provide coaches with information about how close the gymnast is to perform the Swallow.

Keywords: Men's Artistic Gymnastics, Biomechanics, Rings, Swallow.

INTRODUCTION

Measuring the athletes' performance is crucial to determine their progress and potential in any sport. The measurement and evaluation of the different components of performance is part of the training monitoring process, which aims to provide consistent information about the effects of the training load and the physical and technical condition of the athlete. This valuable information helps the coach to individualize the training process and provides the athlete with adjusted and individualized stimuli in order to obtain the optimum performance. Optimize and contextualize the evaluation of the athlete is

necessary for a proper diagnosis and monitoring of the training (GonzálezBadillo & Izquierdo Redín, 2006).

Gymnast performance is not based in the objective measurement of distances, weight or times, but it depends on a subjective scoring of the judges. Therefore, competition results cannot be the single source of information to guide the work of the coach. However, during the training process, measurement of valid and objective quantitative variables as the force can provide both the athlete and coach, with helpful information about the progress made during the slow and limited teaching-

JOURNAL OF HUMAN SPORT AND EXERCISE
University of Alicante

Official International Network Journal on Sport and Health Sciences

www.jhse.ua.es

ISSN 1988-5202

DOI 10.14198/jhse

José Antonio Pérez Turpin, as Editor-in-Chief of Journal of Human Sport & Exercise,

CERTIFY

that Benjamin Bango, Archit Navandar, Manuel Sillero and Ignacio Grande are the authors of article "*Evaluation of isometric force production in L-sit cross in still rings among elite male artistic gymnasts*", which has been reviewed and accepted for the editorial board and will be published in Journal of Human Sport & Exercise, whose ISSN is 1988-5202 and is included in following databases:

Catalog Latindex
Dialnet
OAlster Scientific Commons
Google Scholar
Ministry of Culture directory and digital resource harvester
Index Copernicus
SportDiscus
Ebsco
Academic Journals Database
Scopus

Alicante at May, 2nd, 2017

José Antonio Pérez Turpin
Editor-in-Chief
Journal of Human Sport and Exercise

University of Alicante. Faculty of Education.
Calle Aeroplano s/n - 03690 - Alicante – Spain
Tel. (+34) 965 90 3400 - E-mail: jhse@ua.es

CÓDIGO: **R-5** (a rellenar por la organización)

Título del trabajo en español	Evaluación de la producción de fuerza en gimnasia artística masculina en situación real.
Título del trabajo en inglés	Assessment of force production in male artistic gymnastics on realistic scenarios.
Autores (señalar nombre y apellidos completos)	Benjamín Bango Melcón Manuel Sillero-Quintana Ignacio Grande Rodríguez
Email contacto	benjamin.bango@upm.es
Centro de trabajo	Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (INEF). Universidad Politécnica de Madrid (UPM)

RESUMEN COMUNICACIÓN/PÓSTER EN ESPAÑOL E INGLÉS

RESUMEN ESPAÑOL COMUNICACIÓN/PÓSTER

Evaluar al gimnasta durante el proceso del entrenamiento es un campo abierto a la investigación e innovación. Utilizando una plataforma de fuerzas se evaluó la fuerza isométrica en la posición de Hirondele en las anillas, posición de fuerza con mantenimiento, a un grupo de 8 gimnastas de artística masculina. Los gimnastas, en tendido prono sobre la plataforma, aplicaron fuerza sobre el agarre de las anillas intentando elevarse y despegarse para alcanzar la posición de Hirondele. Se analizó la componente vertical de la fuerza (F_z) de la curva $F-t$ (100 Hz) registrada en la que se observa una fase inicial de disminución del peso registrado y una fase posterior de mantenimiento de fuerza isométrica máxima. Las variables fundamentales y derivadas se definieron y calcularon a partir de esta curva $F-t$. Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas entre gimnastas realizadores (R) y no realizadores (NR) de esta posición. Los gimnastas R poseen una mayor capacidad porcentual (%) de liberar peso y una mayor fuerza isométrica relativa (F/Kg) ($p < 0,05$). La aplicación de este método proporcionará información sobre el grado de aprendizaje de la Hirondele.

Palabras clave: Gimnasia, Fuerza Isométrica, Biomecánica, Anillas, Hirondele.

RESUMEN INGLÉS COMUNICACIÓN/PÓSTER

Evaluating the gymnast during the training process is an open field for research and innovation. The isometric force performing the Hirondele position on rings (holding position of force) of 8 artistic men gymnasts were evaluated of using a force platform. Gymnasts, in laying prone position on the force platform, applied force on the grip of the rings trying to elevate and take off to reach the Hirondele position. The vertical force component (F_z) of the recorded $F-t$ curve (100 Hz), in which there is an initial phase when the recorded weight decreases and a subsequent phase of maintenance of maximal isometric force, was analyzed. Fundamental and derived variables were defined and