



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Valoración multidimensional y rendimiento deportivo en gimnasia artística masculina

Alfredo Irurtia Amigó



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement- NoComercial – SenseObraDerivada 4.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento - NoComercial – SinObraDerivada 4.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 4.0. Spain License.**

Universidad de Barcelona

Departamento de Teoría e Historia de la Educación

Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña

Centro de Barcelona

Programa de doctorado:
"ACTIVITAT FÍSICA I ESPORT"
Bienio 2001-2003

Valoración multidimensional y rendimiento deportivo en gimnasia artística masculina

Tesis doctoral presentada por
Alfredo Iurria Amigó

Dirigida por
Dr. Ferran A. Rodríguez Guisado
Dr. Michel Marina Évrard



Para optar al título de:
Doctor por la Universidad de Barcelona

Barcelona, 2010

INEFC-Barcelona. BIBLIOTECA / BUB



1792017491

La presente investigación ha sido subvencionada parcialmente por las siguientes instituciones:

La Secretaria General de l'Esport y el Departament d'Universitats, Recerca, i Societat de la Informació de la Generalitat de Catalunya (DURSI), a través del proyecto de investigación "Valoración del rendimiento deportivo en gimnasia artística masculina a través de la edad". DOGC 4676, 14 de julio de 2005.

El Consejo Superior de Deportes y la Real Federación Española de Gimnasia, a través del Plan Nacional de Tecnificación Deportiva de Gimnasia Artística Masculina. Temporadas 2005/06 hasta 2009/10.

Irurtia, A. (2010). Valoración multidimensional y rendimiento deportivo en gimnasia artística masculina. Tesis Doctoral. Barcelona: Universidad de Barcelona.

Dirección:

INEFC

Av. de l'Estadi, 12-22 (Anella Olímpica de Montjuïc)

08038 Barcelona

email: airurtia@gencat.cat

Telf: +34 667 762 069

Esportista és el qui, no només ha envigorit els seus músculs i desenvolupat la seva resistència mitjançant la pràctica d'algun esport, sinó que, amb aquesta pràctica, ha après a reprimir la còlera, a ser tolerant amb els companys, a no aprofitar-se vilment d'una avantatge, a sentir íntimament com un deshonor la mera sospita d'una trampa, i a suportar amb el cap alt i amb alegria el desencís d'un revés.

Punch, 1850.

1. DEDICATORIAS

- A mi madre, que día tras día entrega a todos su alma, haciéndome entender que de mí depende la posibilidad de no rendirme ante las tempestades... Tu inocencia me calma y me alienta, mamá.
- A mi padre, que de cuántas batallas ha salido ileso. Tu constante ejemplo me invita a ser lo que soy. Eres mi norte, papa.
- A Noemí y a Estíbaliz, por regalarme constantemente sus incondicionales ánimos. Siempre llevo vuestras sonrisas en los bolsillos de mis años.
- A mi corazón, Marta. Por tus palabras y por tus silencios en el devenir de estos años... Por la complicidad de tus miradas... Por ser la persona que siempre estuvo ahí. *Sempre endavant, petita!*

Finalmente, estoy seguro que te hubiera gustado vivir este momento, Pere. Allá donde te encuentres, te hago llegar mi especial saludo. Ya ves que finalmente nos iremos a celebrarlo con una buena paella. Ten por seguro que estarás junto a nosotros. Un abrazo de todos, y de forma especial de Dolors y tus dos hijas, Marta y Anna.

2. AGRADECIMIENTOS

A las personas:

- A todos los padres y madres, entrenadores y gimnastas, que han participado en esta investigación. Es tanta la solidaridad y amistad recibida que no se me ocurre un mejor homenaje que haberla finalizado. Además, el compromiso adquirido de aplicar los resultados conseguidos ha sido y está siendo cumplido. Mil gracias a todos y a todas!
- Siempre he considerado que tres han sido las personas que más han influenciado en mi forma de entender la gimnasia artística. Mi entrenador: Alfredo Hueto Mayoral, mi maestro: Lev Nicolaievich Goliandrin, y mi punto de referencia: Michel Marina Évrard. De sus virtudes y defectos se han generado los míos propios,
- A mis compañeros de la generación "*Foixarda*": Andreu Vivó, Alberto del Campo, Francesc Armengol, Francisco Cáceres, Gervasio Deferr, Josep M^a Llusar, Juan Anguita, Oriol Combarros, Víctor Cano, Víctor Maiquez... y muchos otros. Junto a ellos sonreí, lloré, luché, vencí, perdí... en definitiva me forjé como persona y como gimnasta.
- A Ortzí Acosta, mi amigo del alma. Son tantas cosas las que compartimos en la 409... Ilusiones, esperanzas, sueños... Gracias a él aprendí que la vida va más allá de la realidad establecida. *Laster arte, Ortzí!*
- A aquellas personas que, en algún momento y de alguna forma, pasaron por mi vida gimnástica, ya fuera siendo mis entrenadores o seleccionadores: Marcel Marasescu, Enric Grilló, Alejandro Cano, Michel Marina, Joan Carles Soler, Nikolay Karamfilov, Marco Antonio Vázquez, Pepe Alberola, Anatoly Ubsiak, Héctor Ramírez, y Álvaro Montesinos.
- A Fernando Siscar, por ser luz e inspiración en los momentos más duros de mi carrera deportiva: cuando el cenit de tus resultados se sitúan por debajo de lo que soñaste y se inicia el descenso que te lleva al abandono. Me enseñaste grandes lecciones... Catania seguirá siendo mi zulo máspreciado.
- A Juan Carlos Ariza, por la transgresión de atreverse a soñar con una gimnasia revolucionaria, en unos tiempos en que España moraba anclada en la tradición nacional. Muchas fueron las barreras que Juan Carlos rompió, y que ahora, desde estas humildes líneas, yo y muchos otros reconocemos.
- A Eric Boucharin, Montse Ubía, Carmen Pascual, M^aJosé Alonso, María Ollé, Kima Gratacós, y a todos aquellos técnicos de gimnasia artística femenina que convivieron con

mi infancia en el gimnasio que fue cuna de la mejor gimnasia realizada hasta ahora en Cataluña: *La Foixarda*.

- A los entrenadores y compañeros de la *Federació Catalana de Gimnàstica* en el momento de iniciar mi etapa como entrenador en el CAR de Sant Cugat del Vallès: Miguel Ángel Rubio y Óscar Escalante (GAM), Javier Gómez y Marta Costa (GAF). A ellos les tocó soportar dos postguerras: la mía propia tras dejar de ser gimnasta, y la de una generación que pese a los éxitos deportivos conseguidos, dejó el lastre de no poseer ninguna estructura.
- A Javier Amado Pérez y Carlos Garrido Trejo. No hay personas con un corazón tan grande. Han sido, son y serán mis grandes amigos. Su elevada profesionalidad y nivel de compromiso hicieron posible no sólo esta investigación, sino también unir a todos los entrenadores de España en un proyecto común: conseguir que en nuestro país la tecnificación en GAM fuera conocida y reconocida como fruto de un trabajo bien realizado.
- A Lluís Abaurrea Alfaro, presidente de la Federación Catalana de Gimnasia que me dio la oportunidad de ser, por primera vez, entrenador.
- A Xavier March Mateu, presidente de la Federación Catalana de Gimnasia que me dio la oportunidad de dirigir, por primera vez, el proyecto deportivo de mi federación.
- A Mario Lloret Riera, director del INEFC Barcelona que me dio la oportunidad de ser, por primera vez, profesor.
- A Santos Berrocal Domínguez, que gracias a su inconmensurable lucha a favor de los derechos laborales consiguió, entre otras cosas, que la persona que suscribe finalizase la presente investigación como profesor del INEFC Barcelona.
- A Jordi Sola Grancha, Xavier Iglesias Reig y Gerard Moras Fellu, que junto a Michel Marina Èvrard, conformaron la junta directiva del INEFC Barcelona que me dio la oportunidad de seguir siendo profesor.
- A Andreu Camps i Povill y a Montse Genescà Ferrer. Al primero por ser, en todas las circunstancias y pese a todo, justo. A la segunda por apostar durante tantos años por el óptimo desarrollo de la gimnasia en Cataluña. Gracias a los dos por apoyar y favorecer la conclusión de la presente investigación como máximos responsables del INEFC.

-
- A Pere Manuel Gutiérrez, que junto a Agustí Boixeda de Miquel y a Joan Riera Riera, me dieron la oportunidad de formar parte del equipo directivo del INEFC Barcelona. A todos ellos les debo la paciencia de soportarme, cuando no estaba por finalizar la presente investigación, y cuando estaba por mis demasiado impulsivos treinta y pocos años. *Pere, gràcies per confiar i tenir cura de mi...*
 - A Irena Bieniarz Rouba, Albert Llorens Ibarz, Herminia Mata Saumell y M^aLuz Palomero Ródenas, que me acogieron en sus vidas como un compañero más. De ellos he aprendido el noble arte de educar entrenando y entrenar educando.
 - A Mercè Mateu Serra, por ser fuente de creación. Por tener la capacidad de ser sensible a mis estados de ánimo. Por expresar bondad y transmitirme siempre su inconmensurable energía. El "Cirque du Soleil" no volverá a ser lo mismo desde que ella me lo descubrió.
 - A Josep M^a Padullés Riu, genio humilde ordenadamente desordenado. Padu, maestro que todo lo da. Excepcional entrenador. El MacGyver del INEFC. *Tenir-te per amic, és un honor que no se si, algun dia, serè capaç de compensar. Una abraçada, company.*
 - A Jordi Porta Manzanido, genio humilde ordenadamente desordenado, al cuadrado. A Jordi le debo gran parte de mi formación. Transgresor que cada día nos sorprende. Una persona especial en mi vida. *Moltes gràcies per ser com ets, Jordi.*
 - A Josep Roca Balasch, gracias al cual me adentré en el apasionante mito del innatismo. Helénico de reflexiones atenienses que no renuncia a la arena espartana. Josep es una mente privilegiada que en su día, me invitó a navegar por ella. *Queda pendent l'aventura!*
 - A todos mis compañeros del INEFC Barcelona, desde el personal de administración y servicios, hasta el resto de profesores que, por las lógicas limitaciones del formato escrito, no cabe agradecer cuánto han aportado directa o indirectamente en mi persona y por lo tanto en esta investigación. Un agradecimiento especial en este sentido a: Oriol Marcé i Puig, Felip Santamaría Nebra, Josep Cruells i Rovira, Elio Pérez González, y Miquel Prieto Heras, responsables en sus distintos niveles del *Negociat d'Instal·lacions i Serveis del INEFC Barcelona*, y que con tanta paciencia y respeto trataron a su *Subdirector de Suport i Innovació*. *Una abraçada a tots!*
 - A mis alumnas y alumnos del INEFC Barcelona, de los que tanto he aprendido y tanto me falta por aprender. Son ya casi diez generaciones a las que debo agradecer mil millones de buenos momentos. Ya sabéis: calentamiento libre, calentamiento dirigido, elementos base fundamentales, bloque físico + bloque técnico... Ya la he acabado, compañeros/as.

- A Guillermo Pérez, Piero Galilea, Vicky Pons, Saioa Segura, Franchec Drovnic, Pep Marl, Toni Turmo, Jaume Mirallas, Jose Manuel Vela, Susana Reguela, y el resto de personal del CAR de Sant Cugat que durante tantos años han dado lo mejor de sí mismos en pro de los deportistas que allí hemos entrenado y crecido. Esta investigación tiene parte de ellos.
- A Albert Busquets Faciabén, por ser amigo y confidente. Por cruzar conmigo toda España a lo largo del año 2005. Por aportarme su manera de entender las cosas. Por contribuir con sus conocimientos a muchos de los aspectos clave de esta investigación. Por estar tan o más envenenado como yo de este, nuestro deporte: la gimnasia artística masculina.
- A Xavier Iglesias Reig, simplemente por ser como es y por haberme permitido conocerle. Si la definición de amistad recae sobre aquellos que acuden tanto al ser llamados como cuando no lo son, él es uno de ellos. En el caso de Xavi, únicamente su persona supera al gran profesional que es. Su forma de plantear las cosas han quedado patentes en muchos rincones de la presente investigación.
- A Michel Marina Évrard, por ser mi tutor de vida. Desde mis primeros "*Inferiores a vertical*" en paralelas allá por los años 90 (únicamente realizados en base a su ayuda, claro está), hasta la consecución de la presente investigación. Son tantas cosas las que debo a su persona que sólo espero poder agradecerérselo día a día. Ciencia y conocimiento aplicados con devoción a la gimnasia artística. A él se deben gran parte de las aportaciones conceptuales de la presente investigación.
- A Ferran A. Rodríguez Guisado, por aceptar dirigir mi rumbo en el apasionante mundo de la investigación científica aplicada a las ciencias del deporte y de la actividad física. Más allá de agradecerle las muy exigentes aportaciones procedimentales implícitas en la presente investigación, a su persona le debo el esfuerzo de haberse recuperado y haberme permitido caminar a su lado. Sus conocimientos sólo son superados por la ilusión y fe ciega con los que dirige nuestros proyectos. *Gràcies de tot cor, Ferran.*

A las instituciones:

- Al *Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya* (INEFC), por haberme acogido en su seno, formándome y permitiéndome crecer como persona y como profesional. El INEFC es una institución joven, tal y como me he referido siempre al advertir a mis compañeros de profesión, de forma distendida y casi humorística, que tiene la misma edad que yo, 34 años. Sin la presencia del INEFC en mi vida esta investigación no se habría producido.

-
- Al *Centre d'Al Rendiment de Sant Cugat del Vallès (CAR)*, por ser el centro en el cual crecí y me eduqué como deportista. Un agradecimiento especial a su director, Francesc de Puig i Viladrich, por la excelente labor realizada a lo largo de todos estos años y también, de forma especial hacia mi persona, por facilitarme la colaboración del CAR en aspectos profesionales, formativos y de investigación científica.
 - Al Consejo Superior de Deportes, por haber subvencionado parcialmente la presente investigación a través del Plan Nacional de Tecnificación Deportiva, permitiendo así que muchos de los procedimientos utilizados hayan sido implementados longitudinalmente en la realidad del contexto nacional de la gimnasia artística masculina.
 - A la Real Federación Española de Gimnasia, por haber confiado en mi persona, junto a Javier Amado Pérez y Carlos Garrido Trejo, a la hora de proceder y elaborar los distintos planes nacionales de tecnificación deportiva que, a lo largo de los últimos años, tantos buenos resultados han cosechado en gimnasia artística masculina. Un agradecimiento especial a las figuras de su presidente, Antonio Esteban Cerdán, y su director técnico, Jesús Carballo Martínez.
 - A la *Secretaria General de l'Esport*, por dotar de una beca de formación investigadora al proyecto madre de la presente investigación, titulado "*Valoración del rendimiento deportivo en gimnasia artística masculina a través de la edad*". Cuatro años que han permitido la elaboración de la tesis doctoral de Albert Busquets Faciabén y la mía propia, además de la publicación de varios artículos científicos de ámbito nacional e internacional.
 - A todas las federaciones y clubes de las distintas Comunidades Autónomas que me han facilitado el acceso a la totalidad de la muestra objeto de estudio: Federación Andaluza (Club Gimnástico Blume), Federación Asturiana (Grupo Cultural Covadonga), Federación Balear (Club Xelska, Club Gimnàstic d'Alcudia, Gimnàs Olímpic Cor, Club Gimnàstic Palma), Federación Catalana (Club Natació Granollers, Club Gimnàstic Osona, Club Gimnàstic Vic, Escola de Gimnàstica del Bages, Club Gimnàstic Can Masallera, Associació Esportiva La Salle Gràcia, Gimnàs Artístic Esportiu Rubí, Club Gimnàs Llenas, Fundació Esport Base Vilanova i la Geltrú), Federación Extremeña (Escuela Municipal de Gimnasia de Mérida), Federación Madrileña (Club Escuela Municipal de Gimnasia de Majadahonda, Club Gimnástico Coslada, Club Gimnástico Alcorcón, Agrupación de Gimnasia Artística Deportiva de Móstoles, Club Gimnasia Artística Masculina Alcorcón, Club Gimnástico de San Blas), Federación Vasca de Gimnasia (Club Arabatxo Gimnasia), Federación Valenciana de Gimnasia (Club Gimnástico Alicante, Deportivo Herca).

-
- Finalmente, un agradecimiento especial a la *Federació Catalana de Gimnàstica*, mi federación. Con ella me he formado como gimnasta, entrenador y juez. Ahora, una vez finalizada la presente investigación, inicio mi andadura dirigiendo su proyecto deportivo. Todo un honor que espero compensar con mi dedicación a la gimnasia catalana.

ÍNDICE GENERAL

1. DEDICATORIAS	I
2. AGRADECIMIENTOS	II
3. ÍNDICE DE CONTENIDOS	IX
4. ÍNDICE DE FIGURAS	XVI
5. ÍNDICE DE TABLAS	XXIX
6. ÍNDICE DE ECUACIONES	XXXV

3. ÍNDICE DE CONTENIDOS

1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Estructura competitiva de la GAM	2
1.1.1 Federación Internacional de Gimnasia	9
1.1.2 Real Federación Española de Gimnasia	11
1.1.3 Federaciones autonómicas	12
1.2 Características funcionales del gimnasta	12
1.2.1 Características somáticas del gimnasta	12
1.2.1.1 Dimensiones corporales	17
1.2.1.2 Composición corporal	18
1.2.1.3 Somatotipo	20
1.2.1.4 Proporcionalidad	22
1.2.2 Características físicas del gimnasta	23
1.2.2.1 La flexibilidad	23
1.2.2.2 La fuerza y sus manifestaciones	30
1.2.2.3 La resistencia	38
1.2.3 Características técnicas del gimnasta	45
1.2.3.1 El balanceo	50
1.2.3.2 La recepción	67
1.3 Valoración multidimensional del rendimiento en GAM	70
2 JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	74
2.1 Justificación y modelo de estudio	75
2.2 Objetivos	77
2.2.1 Objetivos generales	77
2.2.2 Objetivos específicos	78
2.2.2.1 Valoración de antecedentes sociales y deportivos	78
2.2.2.2 Valoración somática	78
2.2.2.3 Valoración de la condición física general	78
2.2.2.4 Valoración de la condición física específica	78
2.2.2.5 Valoración de la técnica	79
2.2.2.6 Valoración multidimensional	79
3 MATERIAL Y MÉTODOS	80
3.1 Sujetos	81
3.2 Métodos	82
3.2.1 TIPOS DE VALORACIÓN	82

3.2.2 Instrumentos y métodos de valoración	83
3.2.2.1 Valoración de antecedentes sociales y deportivos	83
3.2.2.2 Valoración somática	86
3.2.2.2.1 Dimensiones corporales	86
3.2.2.2.2 Longitudes, diámetros, perímetros	88
3.2.2.2.3 Pliegues cutáneos	91
3.2.2.2.4 Composición corporal	93
3.2.2.2.5 Somatotipo	94
3.2.2.2.6 Proporcionalidad	96
3.2.2.2.7 Datos parentales	98
3.2.2.2.8 Edad cronológica	98
3.2.2.2.9 Maduración sexual	98
3.2.2.3 Valoración de la condición física general	99
3.2.2.3.1 Batería Eurofit	99
3.2.2.4 Valoración de la condición física específica	102
3.2.2.4.1 Flexibilidad	102
3.2.2.4.2 Capacidad de salto	115
3.2.2.4.3 Velocidad	117
3.2.2.4.4 Habilidades gimnásticas de condición física	118
3.2.2.5 Valoración de la técnica	121
3.2.2.5.1 Balanceos	122
3.2.2.5.1.1 Balanceos en la barra fija	122
3.2.2.5.1.2 Balanceos en las anillas	123
3.2.2.5.1.3 Balanceos en las paralelas	123
3.2.2.5.1.4 Molinos en caballo con arcos	123
3.2.2.5.2 Test de recepción	124
3.2.2.6 Valoración multidimensional	124
3.2.3 Material	125
3.2.3.1 Valoración de antecedentes sociales y deportivos	125
3.2.3.2 Valoración somática	125
3.2.3.3 Valoración de la condición física general	126
3.2.3.4 Valoración de la condición física específica	127
3.2.3.5 Valoración de la técnica	128
3.2.3.6 Valoración multidimensional	128
3.2.4 Instalaciones	128
3.2.5 Procedimiento de obtención de datos	129
3.2.5.1 Personal investigador	129
3.2.5.2 Cronograma	129
3.2.5.2.1 Praxis de actuación	129
3.2.5.2.2 Temporización anual	129

3.2.5.3	consentimiento informado	130
3.2.5.4	Comité de ética	130
3.3	Diseño	131
3.3.1	Tipo de estudio	131
3.3.1.1	Valoración de antecedentes sociales y deportivos	132
3.3.1.2	Valoración somática	133
3.3.1.3	Valoración de la condición física general	136
3.3.1.4	Valoración de la condición física específica	136
3.3.1.5	Valoración de la técnica	138
3.3.1.6	Valoración multidimensional	138
3.3.2	Análisis estadístico	138
3.3.2.1	Estadísticos descriptivos	140
3.3.2.2	Tratamiento de los valores periféricos	140
3.3.2.3	Normalidad de la distribución	140
3.3.2.4	Homogeneidad de las varianzas	141
3.3.2.5	Percentiles	141
3.3.2.6	Fiabilidad entre mediciones	141
3.3.2.7	Tipificación de las variables (Índice Z)	142
3.3.2.8	Análisis de la varianza (ANOVA)	142
3.3.2.9	Correlación bivariada	143
3.3.2.10	Análisis de regresión múltiple	143
3.3.2.11	Análisis discriminante	144
4	RESULTADOS	145
4.1	Valoración de los antecedentes sociales y deportivos	146
4.1.1	Estadísticos descriptivos	146
4.1.1.1	Antecedentes sociales	146
4.1.1.2	Práctica deportiva	149
4.1.1.3	Entrenamiento deportivo y competiciones	151
4.1.1.4	Historial de lesiones	154
4.1.2	Fiabilidad del cuestionario	158
4.1.3	Tipificación de las variables (Índice Z)	159
4.1.4	Análisis de la varianza (ANOVA)	160
4.1.5	Correlación bivariada	162
4.1.6	Análisis de regresión múltiple	162
4.1.7	Análisis discriminante	164
4.2	Valoración somática	165
4.2.1	Estadísticos descriptivos	165
4.2.1.1	Dimensiones corporales	165

4.2.1.2	Longitudes, diámetros, perímetros.....	165
4.2.1.3	Pliegues cutáneos.....	165
4.2.1.4	Composición corporal.....	165
4.2.1.5	Somatotipo.....	165
4.2.1.6	Proporcionalidad.....	169
4.2.1.7	Datos parentales.....	169
4.2.1.8	Edad cronológica.....	169
4.2.1.9	Maduración sexual.....	169
4.2.2	Tipificación de las variables (Índice Z).....	171
4.2.3	Análisis de la varianza (ANOVA).....	186
4.2.4	Correlación bivariada.....	203
4.2.5	Análisis de regresión múltiple.....	205
4.2.6	Análisis discriminante.....	207
4.3	Valoración de la condición física general.....	208
4.3.1	Estadísticos descriptivos.....	208
4.3.1.1	Batería de Eurofit.....	208
4.3.2	Tipificación de las variables (Índice Z).....	208
4.3.3	Análisis de la varianza (ANOVA).....	208
4.3.4	Correlación bivariada.....	214
4.3.5	Análisis de regresión múltiple.....	215
4.3.6	Análisis discriminante.....	215
4.4	Valoración de la condición física específica.....	217
4.4.1	Estadísticos descriptivos.....	217
4.4.1.1	Flexibilidad.....	218
4.4.1.2	Capacidad de salto.....	219
4.4.1.3	Velocidad.....	219
4.4.1.4	Habilidades gimnásticas de condición física.....	219
4.4.1.5	Fiabilidad de los tests específicos.....	220
4.4.2	Tipificación de las variables (Índice Z).....	222
4.4.3	Análisis de la varianza (ANOVA).....	226
4.4.4	Correlación bivariada.....	233
4.4.5	Análisis de regresión múltiple.....	233
4.4.6	Análisis discriminante.....	233
4.5	Valoración de la técnica.....	238
4.5.1	Estadísticos descriptivos.....	238
4.5.1.1	Balances en barra fija.....	239
4.5.1.2	Balances en anillas.....	239
4.5.1.3	Balances en paralelas.....	239
4.5.1.4	Molinos en caballo con arcos.....	240

4.5.1.5	Prueba de recepción	240
4.5.2	Fiabilidad de los instrumentos de valoración	241
4.5.3	Tipificación de las variables (Índice Z).....	241
4.5.4	Análisis de la varianza (ANOVA)	243
4.5.5	Correlación bivariada	245
4.5.6	Análisis de regresión múltiple	245
4.5.7	Análisis discriminante	245
4.6	Valoración multidimensional	248
4.6.1	Análisis de regresión múltiple	248
4.6.2	Análisis discriminante	248
5	DISCUSIÓN	251
5.1	Sobre el diseño del estudio	252
5.2	Sobre el material y los métodos	254
5.2.1	Selección de la muestra.....	254
5.2.2	Selección de las valoraciones.....	255
5.2.3	Selección de las pruebas.....	256
5.2.3.1	Valoración de antecedentes sociales y deportivos	256
5.2.3.2	Valoración somática	256
5.2.3.3	Valoración de la condición física general.....	258
5.2.3.4	Valoración de la condición física específica	259
5.2.3.5	Valoración de la técnica	260
5.2.3.6	Valoración multidimensional	260
5.2.4	Cronología de las pruebas.....	261
5.2.5	Selección de los modelos estadísticos	262
5.3	Sobre los resultados	262
5.3.1	Valoración de antecedentes sociales y deportivos.....	262
5.3.1.1	Estadísticos descriptivos.....	263
5.3.1.1.1	Antecedentes sociales	263
5.3.1.1.2	Práctica deportiva	264
5.3.1.1.3	Entrenamiento deportivo y competiciones.....	264
5.3.1.1.4	Historial de lesiones.....	267
5.3.1.2	Tipificación de las variables (Índice Z).....	268
5.3.1.3	Análisis de la varianza (ANOVA)	268
5.3.1.4	Correlación bivariada	269
5.3.1.5	Análisis de regresión múltiple	269
5.3.1.6	Análisis discriminante.....	270
5.3.2	Valoración somática.....	270
5.3.2.1	Estadísticos descriptivos.....	271

5.3.2.1.1	Dimensiones corporales	271
5.3.2.1.2	Longitudes, diámetros, perímetros	273
5.3.2.1.3	Pliegues cutáneos.....	277
5.3.2.1.4	Composición corporal	278
5.3.2.1.5	Somatotipo	279
5.3.2.1.6	Proporcionalidad	281
5.3.2.1.7	Datos parentales	283
5.3.2.2	Tipificación de las variables (Índice Z)	283
5.3.2.3	Análisis de la varianza (ANOVA).....	285
5.3.2.4	Correlación bivariada.....	288
5.3.2.5	Análisis de regresión múltiple.....	289
5.3.2.6	Análisis discriminante	290
5.3.3	Valoración de la condición física general.....	290
5.3.3.1	Estadísticos descriptivos	290
5.3.3.1.1	Batería Eurofit	290
5.3.3.2	Tipificación de las variables (Índice Z)	295
5.3.3.3	Análisis de la varianza (ANOVA).....	295
5.3.3.4	Correlación bivariada.....	296
5.3.3.5	Análisis de regresión múltiple.....	297
5.3.3.6	Análisis discriminante	298
5.3.4	Valoración de la condición física específica	299
5.3.4.1	Estadísticos descriptivos	299
5.3.4.1.1	Flexibilidad	299
5.3.4.1.2	Capacidad de salto	301
5.3.4.1.3	Velocidad	303
5.3.4.1.4	Habilidades gimnásticas de condición física	303
5.3.4.2	Tipificación de las Variables (Índice Z).....	304
5.3.4.3	Análisis de la varianza (ANOVA).....	305
5.3.4.4	Correlación bivariada.....	308
5.3.4.5	Análisis de regresión múltiple.....	311
5.3.4.6	Análisis discriminante	312
5.3.5	Valoración de la técnica	313
5.3.5.1	Estadísticos descriptivos	313
5.3.5.2	Tipificación de las variables (Índice Z)	314
5.3.5.3	Análisis de la varianza (ANOVA).....	314
5.3.5.4	Correlación bivariada.....	315
5.3.5.5	Análisis de regresión múltiple.....	316
5.3.5.6	Análisis discriminante	316
5.3.6	Valoración multidimensional	317
5.3.6.1	Análisis de regresión múltiple.....	317

5.3.6.2	Análisis discriminante.....	318
6	CONCLUSIONES.....	320
7	LIMITACIONES Y PROSPECTIVA DE INVESTIGACIÓN.....	323
8	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	326
9	ANEXOS.....	358
9.1	ANEXO: CUESTIONARIO VASD.....	359
9.2	ANEXO: PLANTILLAS DE OBSERVACIÓN DE LOS BALANCEOS.....	365
9.3	ANEXO: REGISTRO DE DATOS ANTROPOMÉTRICOS.....	369
9.4	ANEXO: PERMISO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO.....	370
9.5	ANEXO: APROBACIÓN DEL COMITÉ DE ÉTICA.....	371
9.6	ANEXO: BATERÍAS DE PRUEBAS GAM.....	372

4. ÍNDICE DE FIGURAS

INTRODUCCIÓN

Figura 1.1.	Aparato de suelo	3
Figura 1.2.	Aparato de caballo con arcos	3
Figura 1.3.	Aparato de anillas	4
Figura 1.4.	Aparato de plataforma de saltos	5
Figura 1.5.	Aparato de paralelas.....	5
Figura 1.6.	Aparato de barra fija	6
Figura 1.7.	Orden olímpico aplicable a todas las competiciones en GAM	6
Figura 1.8.	Involución biológica no lineal de la flexibilidad a lo largo del ciclo de vida (a partir de Sermeev, 1966; Chapman et al., 1972; Corbin & Noble, 1980; Beau-lieu, 1986; Einkauf et al., 1987; Vandervoot et al., 1992; Kuhlmann, 1993)	25
Figura 1.9.	Adaptación del entrenamiento para el desarrollo de la flexibilidad a lo largo del ciclo de vida (a partir de Sermeev, 1966; Nelson et al., 1983; Voorrips et al., 1993; Barbosa et al., 2002).....	26
Figura 1.10.	Ejecución, con la máxima amplitud, de un apoyo facial horizontal con piernas abiertas, comúnmente denominado "infernol".....	46
Figura 1.11.	Elemento técnico denominado "Diamidov" (descrito en el CP-FIG), ejecutado de forma diferenciada por cada gimnasta	47
Figura 1.12.	La complejidad de un "Kovacs" (mortal y ½ atrás) se ve incrementada al enlazarlo con un "Gienger" (mortal atrás con ½ giro)	48
Figura 1.13.	Mapa de acciones motrices básicas (Leguet, 1985)	49
Figura 1.14.	Familia gimnástica de "hacer movimientos circulares" realizada en diferentes aparatos (Leguet, 1985)	49
Figura 1.15.	Los cinco factores esenciales en gimnasia artística para la consecución de los diferentes elementos técnicos (Frederick, 1977).....	51
Figura 1.16.	Máxima amplitud ($\geq 180^\circ$ ángulo de cintura, $\geq 45^\circ$ ángulo de hombros) mantenida tanto en los "molinos rusos" como en los molinos americanos.....	52
Figura 1.17.	Diferentes tiempos de molino en barra fija en función de varios elementos técnicos posteriores.....	54
Figura 1.18.	Tiempo de molino básico hacia delante (presa dorsal), de dominio y control obligatorio durante las primeras fases de aprendizaje en GAM.....	55
Figura 1.19.	La acción de patada, realizada durante el 3r cuadrante, es ejecutada de forma correcta o incorrecta.....	56
Figura 1.20.	Tiempo de molino básico hacia atrás (presa palmar), de dominio y control obligatorio durante las primeras fases de aprendizaje en GAM.....	56
Figura 1.21.	El cuerpo mantiene correctamente la posición de bloqueo, formando un línea de 180° (figura izquierda en sombreado gris) durante el 4º cuadrante. En la	

	figura derecha se muestra el caso contrario: la linealidad de los segmentos corporales se rompe debido al adelantamiento de los hombros.....	57
Figura 1.22.	Acción técnica protagonista de transición, desde la suspensión hacia el balanceo adelante y hacia el balanceo atrás.....	60
Figura 1.23.	Inicio del molino desde la vertical, ya sea desde la bajada hacia adelante o hacia atrás.....	61
Figura 1.24.	Fases del balanceo desde el apoyo de manos en paralelas. Se describe su recorrido hacia adelante (-2, -1, 0, +1, +2) y hacia atrás (+2, +1, 0, -1, -2).....	63
Figura 1.25.	Diferentes modelos de "setas", utilizadas como medio metodológico para el aprendizaje del molino en caballo con arcos.....	65
Figura 1.26.	Ejemplo de un molino, de sentido contrario a las agujas del reloj, desfragmentado en cuadrantes. Se indican los momentos de rotación de la cadera, necesarios para la anticipación de los apoyos.....	67
Figura 1.27.	Posición de recepción en equilibrio.....	70

JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Figura 2.1.	Modelo de análisis de la estructura condicional del rendimiento deportivo (Rodríguez, 1989).....	76
-------------	--	----

MATERIAL Y MÉTODOS

Figura 3.1.	Giro de hombros con bastón en anteversión (Lb = longitud brazos; Ds = distancia de separación entre manos; Ah = anchura de hombros; α = ángulo).....	104
Figura 3.2.	Giro de hombros con bastón en retroversión (Lb = longitud brazos; Ds = distancia de separación entre manos; Ah = anchura de hombros; α = ángulo).....	105
Figura 3.3.	Flexión de hombros con bastón: anteversión (Lbt = longitud de la extremidad en el test; Ds = distancia de separación; Hp = altura del plinton; α = ángulo).....	106
Figura 3.4.	Extensión de hombros con bastón: retroversión (Lbt = longitud de la extremidad superior en el test; Ds = distancia de separación; Hp = altura plinton; α = ángulo).....	107
Figura 3.5.	Elevación frontal de la extremidad inferior (Lp = longitud de la extremidad inferior; Ds = distancia de separación; α = ángulo).....	108
Figura 3.6.	Elevación lateral de la extremidad inferior (Ac = anchura cadera o diámetro bitrocantéreo); Lp = longitud de la extremidad inferior; Ds = distancia de separación; α = ángulo).....	109
Figura 3.7.	Espagat en el plano frontal ($\alpha \leq 180^\circ$). Se muestra, a modo de ejemplo, el espagat a 180° , es decir, Ds=0 (Lp = longitud de la extremidad inferior; Ds = distancia de separación entre el suelo y la sínfisis del pubis; α = ángulo).	110

Figura 3.8.	Espagat en el plano frontal ($\alpha > 180^\circ$). Lp = longitud de las extremidades; Ds = distancia de separación entre el suelo y la sínfisis del pubis; α = ángulo; Hp = altura plinton.....	110
Figura 3.9.	Espagat en el plano anteroposterior ($\alpha \leq 180^\circ$). Se muestra, a modo de ejemplo, el espagat a 180° , es decir, Ds=0 (Lp = longitud de la extremidad inferior; Ds = distancia de separación entre el suelo y la sínfisis del pubis; α = ángulo).....	111
Figura 3.10.	Espagat en el plano anteroposterior ($\alpha > 180^\circ$), Ds<0 (Lp = longitud de la extremidad inferior; Ds = distancia de separación; α = ángulo).....	112
Figura 3.11.	Errores comunes al ejecutar la elevación asistida de la extremidad inferior delantera en el espagat frontal. Error 1: flexión de la rodilla. Error 2: el extremo proximal del muslo delantero se eleva.....	112
Figura 3.12.	Diferencia entre la longitud de la extremidad inferior (Lp) según el protocolo ISAK, y la longitud de la extremidad inferior en el test de flexión de tronco (LpFt).....	113
Figura 3.13.	Flexión de tronco (Ds = distancia de separación formada por la teórica cuerda del arco formado por la columna y los brazos; Z = distancia entre el talón del pie y la parte más distal de las manos; La = longitud del alcance; LpFt = longitud de las extremidades inferiores en el test; α = ángulo tronco-extremidad superior; β = ángulo tronco-extremidad inferior).....	114
Figura 3.14.	Relación entre el resultado del test (Z) y su correspondiente ángulo (β): La (longitud de alcance); LpFt (longitud de la extremidad inferior en el test de flexión de tronco); Lp (longitud de la extremidad inferior según el protocolo ISAK).....	115
Figura 3.15.	Puente (Ds = distancia de separación entre el lado externo del calcáneo y el talón de la mano; La = longitud del alcance; α = ángulo).....	115
Figura 3.16.	Cronograma anual sobre las valoraciones efectuadas en relación al calendario competitivo (CAT: Cataluña; EXT: Extremadura; VAL: Valencia; BAL: Baleares; AST: Asturias; MAD: Madrid; AND: Andalucía; PV: País Vasco; I: campeonatos Internacionales; N: campeonatos nacionales).....	130
Figura 3.17.	Esquema conceptual sobre los procedimientos estadísticos utilizados (VASD = valoración de los antecedentes sociales y deportivos; VS = valoración somática; VCFG = valoración de la condición física general; VCFE = valoración de la condición física específica; VT = valoración técnica; n= número de gimnastas; N _v : número de variables).....	139

RESULTADOS

Figura 4.1.	Valores tipificados del tiempo de entrenamiento desde la edad de inicio hasta la fecha del estudio.....	160
-------------	---	-----

Figura 4.2.	Valores tipificados de las horas de entrenamiento a la semana.....	160
Figura 4.3.	Valores tipificados de las semanas de convalecencia post-lesión.	160
Figura 4.4.	Comparaciones intergrupo del tiempo de entrenamiento en años. °Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whytney, $P_{ajustada}<0,013$).	161
Figura 4.5.	Comparaciones intergrupo de las horas semanales de entrenamiento.° Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whytney, $P_{ajustada}<0,013$)	161
Figura 4.6.	Comparaciones intergrupo del tiempo de convalecencia acumulado post-lesión. °Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whytney, $P_{ajustada}<0,013$)	162
Figura 4.7.	Valores tipificados de la talla.....	171
Figura 4.8.	Valores tipificados de la talla sentado	171
Figura 4.9.	Valores tipificados del peso corporal.....	171
Figura 4.10.	Valores tipificados de la envergadura	171
Figura 4.11.	Valores tipificados del alcance	172
Figura 4.12.	Valores tipificados de la longitud de la extremidad superior	172
Figura 4.13.	Valores tipificados de la longitud de la mano	172
Figura 4.14.	Valores tipificados de la longitud de la extremidad inferior	172
Figura 4.15.	Valores tipificados de la longitud del pie	172
Figura 4.16.	Valores tipificados del diámetro biacromial	172
Figura 4.17.	Valores tipificados del diámetro intercrestal	173
Figura 4.18.	Valores tipificados del diámetro bitrocantéreo	173
Figura 4.19.	Valores tipificados del diámetro transverso del tórax	173
Figura 4.20.	Valores tipificados del diámetro anteroposterior del tórax	173
Figura 4.21.	Valores tipificados del diámetro biepicondíleo del húmero	173
Figura 4.22.	Valores tipificados del diámetro biestiloideo de la muñeca	173
Figura 4.23.	Valores tipificados del diámetro bicondíleo del fémur	174
Figura 4.24.	Valores tipificados del diámetro bimaleolar	174
Figura 4.25.	Valores tipificados del perímetro del brazo relajado	174
Figura 4.26.	Valores tipificados del perímetro del brazo en tensión	174
Figura 4.27.	Valores tipificados del perímetro del antebrazo	174
Figura 4.28.	Valores tipificados del perímetro de la muñeca	174
Figura 4.29.	Valores tipificados del perímetro mesoesternal	175
Figura 4.30.	Valores tipificados del perímetro de la cintura	175
Figura 4.31.	Valores tipificados del perímetro del glúteo	175
Figura 4.32.	Valores tipificados del perímetro del muslo	175
Figura 4.33.	Valores tipificados del perímetro de la pierna	175
Figura 4.34.	Valores tipificados del perímetro del tobillo	175
Figura 4.35.	Valores tipificados del perímetro cefálico	176

Figura 4.36. Valores tipificados del perímetro del cuello	176
Figura 4.37. Valores tipificados del pliegue tricpital	176
Figura 4.38. Valores tipificados del pliegue subescapular	176
Figura 4.39. Valores tipificados del pliegue bicipital	176
Figura 4.40. Valores tipificados del pliegue pectoral	176
Figura 4.41. Valores tipificados del pliegue axilar medio	177
Figura 4.42. Valores tipificados del pliegue ileocrestal	177
Figura 4.43. Valores tipificados del pliegue supraespinal	177
Figura 4.44. Valores tipificados del pliegue abdominal	177
Figura 4.45. Valores tipificados del pliegue del muslo anterior	177
Figura 4.46. Valores tipificados del pliegue de la pierna medial	177
Figura 4.47. Valores tipificados del sumatorio de 6 pliegues	178
Figura 4.48. Valores tipificados de la masa grasa	178
Figura 4.49. Valores tipificados de la masa libre de grasa	178
Figura 4.50. Valores tipificados de la masa muscular	178
Figura 4.51. Valores tipificados de la masa ósea	178
Figura 4.52. Valores tipificados del componente residual	178
Figura 4.53. Valores tipificados del área grasa del brazo	179
Figura 4.54. Valores tipificados del área muscular del brazo	179
Figura 4.55. Valores tipificados del área grasa del muslo	179
Figura 4.56. Valores tipificados del área muscular del muslo	179
Figura 4.57. Valores tipificados del componente endomórfico	179
Figura 4.58. Valores tipificados del componente mesomórfico	179
Figura 4.59. Valores tipificados del componente ectomórfico	180
Figura 4.60. Valores tipificados del índice de masa corporal	180
Figura 4.61. Valores tipificados del índice de longitud relativa de las extremidades	180
Figura 4.62. Valores tipificados del índice córmico	180
Figura 4.63. Valores tipificados del índice braquial	180
Figura 4.64. Valores tipificados del índice perimetral de las extremidades	180
Figura 4.65. Valores tipificados de la talla de las madres	181
Figura 4.66. Valores tipificados de la talla de los padres	181
Figura 4.67. Valores tipificados del peso de las madres	181
Figura 4.68. Valores tipificados del peso de los padres	181
Figura 4.69. Valores tipificados de la edad cronológica	181
Figura 4.70. Comparaciones Intergrupo para la talla. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)	186
Figura 4.71. Comparaciones intergrupo para la talla sentado. *ANOVA, diferencias <i>post- hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)	186
Figura 4.72. Comparaciones intergrupo para el peso. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)	187

Figura 4.73. Comparaciones intergrupo para la envergadura. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)	187
Figura 4.74. Comparaciones intergrupo para el alcance. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)	187
Figura 4.75. Comparaciones intergrupo para la longitud de la extremidad superior. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)	188
Figura 4.76. Comparaciones intergrupo para la longitud de la mano. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)	188
Figura 4.77. Comparaciones intergrupo para la longitud de la extremidad inferior. *Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	188
Figura 4.78. Comparaciones intergrupo para la longitud del pie. *Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	188
Figura 4.79. Comparaciones intergrupo para el diámetro biacromial. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)	189
Figura 4.80. Comparaciones intergrupo para el diámetro intercostal. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)	189
Figura 4.81. Comparaciones intergrupo para el diámetro bitrocantéreo. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)	190
Figura 4.82. Comparaciones intergrupo para el diámetro transversal del tórax. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)	190
Figura 4.83. Comparaciones intergrupo para el diámetro anteroposterior. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)	190
Figura 4.84. Comparaciones intergrupo para el diámetro biepicondileo del húmero. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)	190
Figura 4.85. Comparaciones intergrupo para el diámetro de la muñeca. *Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	190
Figura 4.86. Comparaciones intergrupo para el diámetro bicondíleo del fémur. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)	190
Figura 4.87. Comparaciones intergrupo para el diámetro bimalolear. *Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	191
Figura 4.88. Comparaciones intergrupo para el perímetro del brazo relajado. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)	192
Figura 4.89. Comparaciones intergrupo para el perímetro del brazo en tensión. *Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	192
Figura 4.90. Comparaciones intergrupo para el perímetro del antebrazo. *Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	192
Figura 4.91. Comparaciones intergrupo para el perímetro de la muñeca. *Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	192

Figura 4.92.	Comparaciones intergrupo para el perímetro mesoesternal. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)	192
Figura 4.93.	Comparaciones intergrupo para el perímetro de la cintura. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)	192
Figura 4.94.	Comparaciones intergrupo para el perímetro del glúteo. ^o Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	193
Figura 4.95.	Comparaciones intergrupo para el perímetro del muslo. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)	193
Figura 4.96.	Comparaciones intergrupo para el perímetro de la pierna. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)	193
Figura 4.97.	Comparaciones intergrupo para el perímetro del tobillo. ^o Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	193
Figura 4.98.	Comparaciones intergrupo para el perímetro cefálico. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)	193
Figura 4.99.	Comparaciones intergrupo para el perímetro del cuello. ^o Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	193
Figura 4.100.	Comparaciones intergrupo para el pliegue tricpital. ^o Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	195
Figura 4.101.	Comparaciones intergrupo para el pliegue subescapular. ^o Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	195
Figura 4.102.	Comparaciones intergrupo para el pliegue bicipital. No se observan diferencias significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	195
Figura 4.103.	Comparaciones intergrupo para el pliegue pectoral. ^o Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	195
Figura 4.104.	Comparaciones intergrupo para el pliegue axilar medio. ^o Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	195
Figura 4.105.	Comparaciones intergrupo para el pliegue ileocrestal. ^o Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	195
Figura 4.106.	Comparaciones intergrupo para el pliegue supraespinal. ^o Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	196
Figura 4.107.	Comparaciones intergrupo para el pliegue abdominal. ^o Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	196
Figura 4.108.	Comparaciones intergrupo para el pliegue del muslo anterior. No se observan diferencias significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	196
Figura 4.109.	Comparaciones intergrupo para el pliegue medial de la pierna. No se observan diferencias significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	196
Figura 4.110.	Comparaciones intergrupo para el sumatorio de 6 pliegues cutáneos. No se observan diferencias significativas (Kruskall-Wallis, $p_{ajustada} \geq 0,013$)	197
Figura 4.111.	Comparaciones intergrupo para el porcentaje de masa grasa. No se observan diferencias significativas (Kruskall-Wallis, $p_{ajustada} \geq 0,013$)	197

Figura 4.112.	Comparaciones intergrupo para la masa libre de grasa. ^o Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)197	197
Figura 4.113.	Comparaciones intergrupo para la masa muscular. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)197	197
Figura 4.114.	Comparaciones intergrupo para la masa ósea. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)198	198
Figura 4.115.	Comparaciones intergrupo para el componente residual. No se observan diferencias significativas (ANOVA, $p_{ajustada} < 0,013$)198	198
Figura 4.116.	Comparaciones intergrupo para el área grasa del brazo. ^o Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)198	198
Figura 4.117.	Comparaciones intergrupo para el área muscular del brazo. ^o Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)198	198
Figura 4.118.	Comparaciones intergrupo para el área grasa del muslo. ^o Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)198	198
Figura 4.119.	Comparaciones intergrupo para el área muscular del muslo. ^o Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)198	198
Figura 4.120.	Comparaciones intergrupo para el endomorfismo. No se observan diferencias significativas (Kruskall-Wallis, $p_{ajustada} \geq 0,013$)199	199
Figura 4.121.	Comparaciones intergrupo para el mesomorfismo. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)199	199
Figura 4.122.	Comparaciones intergrupo para el ectomorfismo. ^o Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)199	199
Figura 4.123.	Comparaciones intergrupo para el índice de masa corporal. ^o Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)200	200
Figura 4.124.	Comparaciones intergrupo para el índice de longitud relativa de la extremidad superior. *No se observan diferencias significativas (ANOVA, $p_{ajustada} < 0,013$)200	200
Figura 4.125.	Comparaciones intergrupo para el índice córico. ^o Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)201	201
Figura 4.126.	Comparaciones intergrupo para el índice braquial. No se registran diferencias significativas (ANOVA, $p_{ajustada} < 0,013$)201	201
Figura 4.127.	Comparaciones intergrupo para el índice perimetral de las extremidades. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)201	201
Figura 4.128.	Comparaciones intergrupo para la talla de la madre. No se observan diferencias significativas (Kruskall-Wallis, $p_{ajustada} \geq 0,013$)202	202
Figura 4.129.	Comparaciones intergrupo para la talla del padre. No se observan diferencias significativas (Kruskall-Wallis, $p_{ajustada} \geq 0,013$)202	202

Figura 4.130.	Comparaciones intergrupo para el peso de la madre. No se observan diferencias significativas (Kruskall-Wallis, $p_{ajustada} \geq 0,013$)	202
Figura 4.131.	Comparaciones intergrupo para el peso del padre. No se observan diferencias significativas (Kruskall-Wallis, $p_{ajustada} \geq 0,013$)	202
Figura 4.132.	Comparaciones intergrupo para la edad cronológica de los gimnastas. [°] Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whytney, $p_{ajustada} < 0,013$)	202
Figura 4.133.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, de la carrera de ida y vuelta (n° estadios).....	210
Figura 4.134.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, de la carrera de ida y vuelta ($\text{mL} \cdot \text{kg} \cdot \text{min}^{-1}$)	210
Figura 4.135.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, del equilibrio flamenco (n° intentos).....	210
Figura 4.136.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, del golpeo de placas (s).....	210
Figura 4.137.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, de la flexión de tronco adelante (cm).....	210
Figura 4.138.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, del salto de longitud adelante (cm).....	210
Figura 4.139.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, de la dinamometría manual (kg).....	211
Figura 4.140.	Valores tipificados, para cada grupo de estudio, de los abdominales en 30 s (n° repeticiones).....	211
Figura 4.141.	Valores tipificados, para cada grupo de estudio, de la suspensión con flexión de brazos (s)	211
Figura 4.142.	Valores tipificados, para cada grupo de estudio, de la carrera de ida y vuelta de 10x5m (s).....	211
Figura 4.143.	Comparaciones intergrupo para la carrera de ida y vuelta (n° de estadios). [°] Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whytney, $p_{ajustada} < 0,013$)	212
Figura 4.144.	Comparaciones intergrupo para carrera de ida y vuelta ($\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$). * No se observan diferencias significativas (ANOVA, $p_{ajustada} < 0,013$)	212
Figura 4.145.	Comparaciones intergrupo para el equilibrio del flamenco (n° de intentos), [°] Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whytney, $p_{ajustada} < 0,013$)	213
Figura 4.146.	Comparaciones intergrupo para el golpeo de placas (s). [°] Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whytney, $p_{ajustada} < 0,013$)	213
Figura 4.147.	Comparaciones intergrupo para la flexión del tronco adelante (cm). [°] Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whytney, $p_{ajustada} < 0,013$)	213

Figura 4.148.	Comparaciones intergrupo para el salto de longitud adelante (cm). °Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	213
Figura 4.149.	Comparaciones intergrupo para la dinamometría manual (kg). *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)	213
Figura 4.150.	Comparaciones intergrupo para los abdominales en 30 s (n° de repeticiones). °Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	213
Figura 4.151.	Comparaciones intergrupo para la suspensión con flexión de brazos (s). No se han hallado diferencias significativas (ANOVA, $p_{ajustada} < 0,013$)	214
Figura 4.152.	Comparaciones intergrupo para la carrera de ida y vuelta 10x5 m (s). *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$).....	214
Figura 4.153.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, de la flexión de hombros: anteversión (°).....	222
Figura 4.154.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, de la extensión de hom- bros: retroversión (°)	222
Figura 4.155.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, del giro de hombros en anteversión (°).....	222
Figura 4.156.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, del giro de hombros en retroversión (°).....	222
Figura 4.157.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, de la elevación frontal de la extremidad inferior izquierda (°).....	223
Figura 4.158.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, de la elevación frontal de la extremidad inferior derecha (°).....	223
Figura 4.159.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, de la elevación lateral de la extremidad inferior izquierda (°).....	223
Figura 4.160.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, de la elevación lateral de la extremidad inferior derecha (°).....	223
Figura 4.161.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, del espagat lateral (°).....	223
Figura 4.162.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, del espagat frontal izquier- da (°).....	223
Figura 4.163.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, del espagat frontal dere- cha (°).....	224
Figura 4.164.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, de la flexión de tronco (°).....	224
Figura 4.165.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, del puente (°)	224
Figura 4.166.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, del "squat jump" (cm).....	224
Figura 4.167.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, del "counter movement jump" (cm)	224
Figura 4.168.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, del "reactive jump 5s" (Co- eficiente VC).....	224

Figura 4.169.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, del "drop jump 60 cm" (Coeficiente VC).....	225
Figura 4.170.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, de la carrera de 20 metros (km·h ⁻¹).....	225
Figura 4.171.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, de las flexiones en vertical (n°).....	225
Figura 4.172.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, de las flexiones en suspensión (n°).....	225
Figura 4.173.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, de las flexiones desde el apoyo (n°).....	225
Figura 4.174.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, de la elevación de las extremidades inferiores desde suspensión (n°).....	225
Figura 4.175.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, de los olímpicos (n°).....	226
Figura 4.176.	Comparaciones intergrupo para la flexión de hombros en anteversión (°). No se observan diferencias significativas (Kruskall-Wallis, p _{ajustada} ≥0,013).....	227
Figura 4.177.	Comparaciones intergrupo para la extensión de hombros en retroversión (°). *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, p _{ajustada} <0,013).....	227
Figura 4.178.	Comparaciones intergrupo para el giro de hombros en anteversión (°). No se observan diferencias significativas (Kruskall-Wallis, p _{ajustada} ≥0,013).....	227
Figura 4.179.	Comparaciones intergrupo para el giro de en retroversión (°). No se observan diferencias significativas (Kruskall-Wallis, p _{ajustada} ≥0,013).....	227
Figura 4.180.	Comparaciones intergrupo para elevación frontal de la pierna izquierda. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, p _{ajustada} <0,013).....	227
Figura 4.181.	Comparaciones intergrupo para la elevación frontal de la pierna derecha. °Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, p _{ajustada} <0,013).....	227
Figura 4.182.	Comparaciones intergrupo para la elevación lateral de la pierna izquierda. No se observan diferencias significativas (Kruskall-Wallis, p _{ajustada} ≥0,013).....	228
Figura 4.183.	Comparaciones intergrupo para la elevación lateral de la pierna derecha. No se observan diferencias significativas (ANOVA, p _{ajustada} ≥0,013).....	228
Figura 4.184.	Comparaciones intergrupo para el espagat lateral. No se observan diferencias significativas (Kruskall-Wallis, p _{ajustada} ≥0,013).....	228
Figura 4.185.	Comparaciones intergrupo para el espagat frontal izquierda. No se observan diferencias significativas (ANOVA, p _{ajustada} ≥0,013).....	228
Figura 4.186.	Comparaciones intergrupo para el espagat frontal derecha. No se observan diferencias significativas (Kruskall-Wallis, p _{ajustada} ≥0,013).....	228
Figura 4.187.	Comparaciones intergrupo para la flexión de tronco. No se observan diferencias significativas (ANOVA, p _{ajustada} ≥0,013).....	228

Figura 4.188.	Comparaciones intergrupo para el puente. No se observan diferencias significativas (ANOVA, $p_{ajustada} \geq 0,013$)	229
Figura 4.189.	Comparaciones intergrupo para el SJ. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)	230
Figura 4.190.	Comparaciones intergrupo para el CMJ. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)	230
Figura 4.191.	Comparaciones intergrupo para el RJ5. °Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	230
Figura 4.192.	Comparaciones intergrupo para el DJ 60. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)	230
Figura 4.193.	Comparaciones intergrupo para la carrera de 20 m. °Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	231
Figura 4.194.	Comparaciones intergrupo para las flexiones en vertical. °Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	232
Figura 4.195.	Comparaciones intergrupo para las flexiones en suspensión. °Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	232
Figura 4.196.	Comparaciones intergrupo para las flexiones desde el apoyo. °Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	232
Figura 4.197.	Comparaciones intergrupo para las elevaciones de las piernas desde suspensión. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)	232
Figura 4.198.	Comparaciones intergrupo para los olímpicos. °Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	232
Figura 4.199.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, de los balanceos en barra fija (puntuación sobre 10)	242
Figura 4.200.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, de los balanceos en anillas (puntuación sobre 10)	242
Figura 4.201.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, de los balanceos en paralelas (puntuación sobre 10)	242
Figura 4.202.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, de los molinos en la "seta" (puntuación sobre 10)	242
Figura 4.203.	Valores tipificados para cada grupo de estudio, en la prueba de recepción (puntuación sobre 10)	243
Figura 4.204.	Comparaciones intergrupo en los balanceos en barra fija. °Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	244
Figura 4.205.	Comparaciones intergrupo en los balanceos en anillas. °Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whitney, $p_{ajustada} < 0,013$)	244

Figura 4.206.	Comparaciones intergrupo en los balanceos en paralelas. °Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whytney, $p_{ajustada} < 0,013$)	244
Figura 4.207.	Comparaciones intergrupo en los molinos en la seta. *ANOVA, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (Bonferroni, $p_{ajustada} < 0,013$)	244
Figura 4.208.	Comparaciones intergrupo en la prueba de recepción. °Kruskall-Wallis, diferencias <i>post-hoc</i> significativas (U de Mann-Whytney, $p_{ajustada} < 0,013$)	244

5. ÍNDICE DE TABLAS

INTRODUCCIÓN

Tabla 1.1. Participación en Campeonatos del Mundo y JJ.OO. en GAM.....	8
Tabla 1.2. Estudios realizados sobre las características somáticas en GAM	13
Tabla 1.3. Variables somáticas de gimnastas adultos de élite (Claessens et al., 1991).....	14
Tabla 1.4. Datos de talla y peso de gimnastas masculinos a lo largo de la edad.....	15
Tabla 1.5. Somatotipo y composición corporal en gimnastas masculinos (Iruñia et al., 2009a).....	16
Tabla 1.6. Principales estudios de composición corporal en GAM a lo largo de la historia.....	19
Tabla 1.7. Masa grasa a lo largo de la edad en GAM (Caldarone et al., 1986).....	19
Tabla 1.8. Principales estudios sobre el somatotipo en gimnastas (GAM).....	21
Tabla 1.9. Índices antropométricos en gimnastas (GAM) (Leveau et al., 1974; Nelson, 1974).....	22
Tabla 1.10. Índices antropométricos en GAM (Caldarone et al., 1986).....	23
Tabla 1.11. Resultados de las pruebas de flexibilidad a lo largo de una temporada en GAM.....	30
Tabla 1.12. Estudios relacionados con la valoración de la flexibilidad en GAM.....	31
Tabla 1.13. Ejemplos de diferentes protocolos para el desarrollo de la fuerza en niños.....	37
Tabla 1.14. Valoración de la aptitud física en gimnastas soviéticos de 6 a 10 años de edad.....	37
Tabla 1.15. Valoración de la aptitud física en jóvenes gimnastas adolescentes (Gajdos, 1983).....	38
Tabla 1.16. Estudios basados en el metabolismo aeróbico de gimnastas adultos.....	44
Tabla 1.17. Estudios basados en el metabolismo aeróbico de jóvenes gimnastas.....	44
Tabla 1.18. Aportaciones biomecánicas al estudio del rendimiento en GAM.....	45
Tabla 1.19. Aportaciones al estudio biomecánico de ciertos elementos técnicos en barra fija.....	53
Tabla 1.20. Aportaciones al estudio biomecánico de ciertos elementos técnicos en anillas.....	58
Tabla 1.21. Aportaciones al estudio biomecánico de ciertos elementos técnicos en paralelas.....	62
Tabla 1.22. Aportaciones al estudio biomecánico de ciertos elementos técnicos en arcos.....	65
Tabla 1.23. Aportaciones al estudio biomecánico de ciertos elementos técnicos en suelo.....	68
Tabla 1.24. Aportaciones al estudio biomecánico de ciertos elementos en plataforma de saltos.....	69
Tabla 1.25. Variables predictivas a lo largo de la de edad en GAM (Régnier & Salmela, 1987).....	73

MATERIAL Y MÉTODOS

Tabla 3.1. Población vs. tamaño muestral analizado en el presente estudio.....	81
Tabla 3.2. Distribución de la muestra de gimnastas según su procedencia y edad.....	81
Tabla 3.3. Edad cronológica y tamaño muestral de los grupos incluidos en el presente estudio.....	82
Tabla 3.4. Distribución de la muestra de gimnastas según su edad biológica y categoría.....	82
Tabla 3.5. Codificación de los deportes.....	85
Tabla 3.6. Codificación del tipo de lesión.....	85
Tabla 3.7. Velocidad para cada estadio en la "course navette" (Council of Europe, 1988).....	99
Tabla 3.8. Fiabilidad de los tests indirectos de flexibilidad incluidos en el presente estudio.....	103
Tabla 3.9. Tests realizados en relación a las manifestaciones de la flexibilidad (Moras, 2002).....	103
Tabla 3.10. Fiabilidad de diferentes saltos en población infantil (gimnastas y escolares).....	116

Tabla 3.11. Número máximo de variables susceptibles de entrar en los modelos multivariantes	132
Tabla 3.12. Variables contempladas en el cuestionario de antecedentes sociales y deportivos ..	133
Tabla 3.13. Medidas cineantropométricas de la valoración somática.....	134
Tabla 3.14. Cálculos cineantropométricos de la valoración somática,	135
Tabla 3.15. Valoración de los datos biométricos parentales en la valoración somática.....	135
Tabla 3.16. Valoración de la maduración biológica en la valoración somática.....	135
Tabla 3.17. Valoración de la condición física general: Batería Eurofit.....	136
Tabla 3.18. Valoración de la condición física específica.....	137
Tabla 3.19. Valoración de la técnica,	138

RESULTADOS

Tabla 4.1. Práctica materna y paterna de deporte de competición.....	146
Tabla 4.2. Número de hermanos/as.....	146
Tabla 4.3. Práctica deportiva de la madre.....	147
Tabla 4.4. Práctica deportiva del padre.....	147
Tabla 4.5. Actividad laboral de la madre,	148
Tabla 4.6. Actividad laboral del padre,	148
Tabla 4.7. Distribución sobre el tipo de desplazamiento utilizado hasta llegar al gimnasio,	148
Tabla 4.8. Vinculación de hermanos/as con la gimnasia,	149
Tabla 4.9. Primer deporte practicado de forma federada,	149
Tabla 4.10. Práctica conjunta de gimnasia artística masculina y otros deportes federados,	149
Tabla 4.11. Años de entrenamiento desde la edad de inicio,	149
Tabla 4.12. Edad de inicio respecto a la primera competición en GAM,	150
Tabla 4.13. Motivación por la práctica de la GAM.....	150
Tabla 4.14. Elección del aparato gimnástico preferente,	150
Tabla 4.15. Número de sesiones de entrenamiento semanales.....	151
Tabla 4.16. Horas semanales de entrenamiento,	151
Tabla 4.17. Número de aparatos gimnásticos que se entrenan durante un día,	151
Tabla 4.18. Realización de entrenamiento con pesas,	152
Tabla 4.19. Realización de entrenamiento de carrera fuera del gimnasio.....	152
Tabla 4.20. Número de aciertos en las respuestas sobre términos de entrenamiento y GAM,	152
Tabla 4.21. Conocimiento de los objetivos de la temporada,	153
Tabla 4.22. Conocimiento del código de puntuación,	153
Tabla 4.23. Preferencia de aparato al inicio de la competición.....	153
Tabla 4.24. Número de competiciones anuales.....	153
Tabla 4.25. Expectativas previas al resultado competitivo,	154
Tabla 4.26. Meta final deseada como gimnasta.....	154
Tabla 4.27. Gimnastas con o sin lesiones durante su carrera deportiva,	154
Tabla 4.28. Gimnastas con o sin intervenciones quirúrgicas durante su carrera deportiva,	155
Tabla 4.29. Tipos de lesión,	155

Tabla 4.30. Localización de las lesiones.....	156
Tabla 4.31. Causas de lesión.....	156
Tabla 4.32. Gravedad lesional.	157
Tabla 4.33. Tiempo de convalecencia por lesión (semanas).....	157
Tabla 4.34. Estado físico post-lesional en el momento del estudio.....	157
Tabla 4.35. Fiabilidad de las preguntas sobre antecedentes sociales.	158
Tabla 4.36. Fiabilidad de las preguntas sobre la práctica deportiva.....	158
Tabla 4.37. Fiabilidad de las preguntas sobre entrenamiento y competiciones.	159
Tabla 4.38. Fiabilidad de las preguntas sobre el historial lesional.....	159
Tabla 4.39. Normalidad y homoscedasticidad de las variables de la VASD.	159
Tabla 4.40. Resultados significativos y potencia estadística del ANOVA (VASD).	161
Tabla 4.41. Correlación entre el ranking y las variables de la VASD	162
Tabla 4.42. VASD; análisis de regresión múltiple.....	163
Tabla 4.43. VASD; análisis discriminante.	163
Tabla 4.44. VASD: clasificación discriminante para el grupo G1.....	164
Tabla 4.45. VASD: clasificación discriminante para el grupo G2.....	164
Tabla 4.46. VASD: clasificación discriminante para el grupo G3/G4.....	164
Tabla 4.47. VASD: clasificación discriminante para el grupo G5.....	165
Tabla 4.48. Dimensiones corporales.....	166
Tabla 4.49. Longitudes corporales.....	166
Tabla 4.50. Diámetros corporales.....	166
Tabla 4.51. Perímetros corporales.....	167
Tabla 4.52. Pliegues cutáneos.....	167
Tabla 4.53. Composición corporal.	168
Tabla 4.54. Somatotipo.	168
Tabla 4.55. Clasificación individual según los estadios de Tanner (Tanner, 1962).....	169
Tabla 4.56. Sujetos de cada categoría RFEG-FIG para cada grupo de estudio.....	169
Tabla 4.57. Proporcionalidad.	170
Tabla 4.58. Datos biométricos parentales.....	170
Tabla 4.59. Normalidad y homoscedasticidad de las dimensiones corporales.	182
Tabla 4.60. Normalidad y homoscedasticidad de las principales longitudes corporales.....	182
Tabla 4.61. Normalidad y homoscedasticidad de los pliegues cutáneos (I).....	182
Tabla 4.62. Normalidad y homoscedasticidad de los pliegues cutáneos (II).....	182
Tabla 4.63. Normalidad y homoscedasticidad de los diámetros corporales (I).	183
Tabla 4.64. Normalidad y homoscedasticidad de los diámetros corporales (II).	183
Tabla 4.65. Normalidad y homoscedasticidad de los diámetros corporales (III).	183
Tabla 4.66. Normalidad y homoscedasticidad de los diámetros corporales (IV).....	183
Tabla 4.67. Normalidad y homoscedasticidad de los diámetros corporales (V).....	184
Tabla 4.68. Normalidad y homoscedasticidad de la composición corporal (I).....	184
Tabla 4.69. Normalidad y homoscedasticidad de la composición corporal (II).....	184

Tabla 4.70. Normalidad y homoscedasticidad del somatotipo.....	185
Tabla 4.71. Normalidad y homoscedasticidad de los índices de proporcionalidad.	185
Tabla 4.72. Normalidad y homoscedasticidad de datos parentales y edad cronológica.	185
Tabla 4.73. Dimensiones corporales: diferencias entre grupos y potencia estadística (ANOVA). 186	
Tabla 4.74. Longitudes corporales: diferencias entre grupos y potencia estadística (ANOVA). ...	187
Tabla 4.75. Resultados significativos y potencia estadística (ANOVA). Diámetros corporales.....	189
Tabla 4.76. Resultados significativos y potencia estadística (ANOVA). Perímetros corporales ...	191
Tabla 4.77. Resultados significativos y potencia estadística (ANOVA). Pliegues cutáneos.....	194
Tabla 4.78. Resultados significativos y potencia estadística (ANOVA). Composición corporal	197
Tabla 4.79. Resultados significativos y potencia estadística (ANOVA). Somatotipo.....	199
Tabla 4.80. Resultados significativos y potencia estadística (ANOVA). Proporcionalidad.....	200
Tabla 4.81. Correlación entre la variable ranking y las dimensiones corporales.....	203
Tabla 4.82. Correlación entre la variable ranking y las longitudes corporales.....	203
Tabla 4.83. Correlación entre la variable ranking y los diámetros corporales.	203
Tabla 4.84. Correlación entre la variable ranking y los perímetros corporales.....	204
Tabla 4.85. Correlación entre la variable ranking y los pliegues cutáneos.....	204
Tabla 4.86. Correlación entre la variable ranking y los componentes del somatotipo.....	204
Tabla 4.87. Correlación entre la variable ranking y los indicadores de composición corporal.	205
Tabla 4.88. Correlación entre la variable ranking y los Índices de proporcionalidad corporal.....	205
Tabla 4.89. Correlación entre la variable ranking, datos parentales y edad cronológica.	205
Tabla 4.90. VS: análisis de regresión múltiple.	206
Tabla 4.91. VS: análisis discriminante.	206
Tabla 4.92. VS: clasificación discriminante para el grupo G3/G4.....	207
Tabla 4.93. VS: clasificación discriminante para el grupo G5.....	207
Tabla 4.94. Batería Eurofit.....	209
Tabla 4.95. Normalidad y homoscedasticidad de la Batería Eurofit (I).....	209
Tabla 4.96. Normalidad y homoscedasticidad de la Batería Eurofit (II).....	209
Tabla 4.97. Resultados significativos y potencia estadística (ANOVA). Batería Eurofit.....	212
Tabla 4.98. Correlación entre el ranking y los ítems de la Batería Eurofit.....	214
Tabla 4.99. VCFG: clasificación discriminante para el grupo G1.....	215
Tabla 4.100. VCFG: análisis de regresión múltiple.....	216
Tabla 4.101. VCFG: análisis discriminante.	216
Tabla 4.102. VCFG: clasificación discriminante para el grupo G3/G4.....	217
Tabla 4.103. VCFG: clasificación discriminante para el grupo G5.....	217
Tabla 4.104. Pruebas de flexibilidad.	218
Tabla 4.105. Pruebas de salto.....	219
Tabla 4.106. Prueba de velocidad.....	219
Tabla 4.107. Habilidades gimnásticas de condición física.....	219
Tabla 4.108. Fiabilidad de la extensión de hombros (retroversión).....	220
Tabla 4.109. Fiabilidad de la prueba de elevación frontal de la extremidad inferior.....	220

Tabla 4.110. Fiabilidad de la prueba de elevación lateral de la extremidad inferior.....	220
Tabla 4.111. Fiabilidad de la flexión de tronco.....	221
Tabla 4.112. Fiabilidad de la prueba de carrera de 20 m.	221
Tabla 4.113. Fiabilidad de la elevación de las extremidades inferiores desde suspensión.	221
Tabla 4.114. Fiabilidad de los olímpicos con pies juntos, separados y desde el suelo.....	221
Tabla 4.115. Resultados significativos y potencia estadística (ANOVA). Flexibilidad.....	226
Tabla 4.116. Resultados significativos y potencia estadística (ANOVA). Capacidad de salto.....	229
Tabla 4.117. Resultados significativos y potencia estadística (ANOVA). Velocidad.....	230
Tabla 4.118. Resultados significativos y potencia estadística (ANOVA). Hab. gimnásticas	231
Tabla 4.119. VCFE: clasificación discriminante para el grupo G1.....	233
Tabla 4.120. VCFE: clasificación discriminante para el grupo G2.....	234
Tabla 4.121. VCFE: clasificación discriminante para el grupo G3/G4.....	234
Tabla 4.122. VCFE: clasificación discriminante para el grupo G5.....	234
Tabla 4.123. VCFE: análisis de regresión múltiple.	235
Tabla 4.124. VCFE: análisis discriminante.	235
Tabla 4.125. Normalidad y homoscedasticidad de los ítems de flexibilidad (I).	236
Tabla 4.126. Normalidad y homoscedasticidad de los ítems de flexibilidad (II).	236
Tabla 4.127. Normalidad y homoscedasticidad de los ítems de flexibilidad (III).	236
Tabla 4.128. Normalidad y homoscedasticidad de los ítems de salto y velocidad.....	236
Tabla 4.129. Normalidad y homoscedasticidad de las habilidades de condición física.	236
Tabla 4.130. Correlación entre el ranking y las pruebas de flexibilidad.	237
Tabla 4.131. Correlación entre el ranking y las pruebas de la capacidad de salto.	237
Tabla 4.132. Correlación entre el ranking y la prueba de velocidad.....	238
Tabla 4.133. Correlación entre el ranking y las habilidades gimnásticas de condición física.	238
Tabla 4.134. Puntuación de los balanceos en barra fija.....	239
Tabla 4.135. Puntuación de los balanceos en anillas.....	239
Tabla 4.136. Puntuación de los balanceos en paralelas.	239
Tabla 4.137. Puntuación de los molinos en la "seta".	240
Tabla 4.138. Puntuación en la prueba de recepción.	240
Tabla 4.139. Fiabilidad de las plantillas de observación utilizadas para la valoración técnica.	241
Tabla 4.140. Normalidad y homoscedasticidad: barra fija y anillas.....	241
Tabla 4.141. Normalidad y homoscedasticidad: paralelas y "seta".	242
Tabla 4.142. Normalidad y homoscedasticidad: test de recepción.	242
Tabla 4.143. Resultados significativos y potencia estadística (ANOVA). Habilidades técnicas.....	243
Tabla 4.144. Correlación entre el ranking y la puntuación obtenida de los ítems de la VT.....	245
Tabla 4.145. VT: análisis de regresión múltiple.	246
Tabla 4.146. VT: análisis discriminante.	246
Tabla 4.147. VT: clasificación discriminante para el grupo G1.....	247
Tabla 4.148. VT: clasificación discriminante para el grupo G2.....	247
Tabla 4.149. VT: clasificación discriminante para el grupo G3/G4.....	247

Tabla 4.150. VT: clasificación discriminante del grupo G5	247
Tabla 4.151. VM: clasificación discriminante para el grupo G1.	248
Tabla 4.152. VM: análisis de regresión múltiple.....	249
Tabla 4.153. VM: análisis discriminante.	249
Tabla 4.154. VM: clasificación discriminante para el grupo G2.	250
Tabla 4.155. VM: clasificación discriminante para el grupo G3/G4.	250
Tabla 4.156. VM: clasificación discriminante para el grupo G5.	250

DISCUSIÓN

Tabla 5.1. Estudios que documentan talla y peso en GAM en las últimas ocho décadas.	271
Tabla 5.2. Estudios que documentan la talla y el peso de jóvenes gimnastas masculinos.....	272
Tabla 5.3. Valores ideales de talla y peso de jóvenes gimnastas soviéticos masculinos.....	272
Tabla 5.4. Longitudes, diámetros y perímetros de gimnastas adultos (GAM).	274
Tabla 5.5. Valores ideales del perímetro torácico de jóvenes gimnastas soviéticos masculinos..	276
Tabla 5.6. Estudios que documentan el perímetro del brazo de jóvenes gimnastas masculinos.	277
Tabla 5.7. Pliegues cutáneos de gimnastas adultos (GAM).	277
Tabla 5.8. Somatotipo de jóvenes gimnastas (GAM).....	281

ANEXOS (CONCLUSIONES)

Tabla 6.1. Batería de pruebas para su distribución en gimnastas masculinos prepúberes.	372
Tabla 6.2. Batería de pruebas para su distribución en gimnastas masculinos peripúberes.....	373
Tabla 6.3. Batería de pruebas para su distribución en gimnastas masculinos adultos.	373

6. ÍNDICE DE ECUACIONES

INTRODUCCIÓN

Ecuación 1. Grabiner & McKelvain, 1987.	72
--	----

MATERIAL Y MÉTODOS

Ecuación 2. Slaughter et al., 1988.	93
Ecuación 3. Poortmans et al., 2005.	93
Ecuación 4. Rocha, 1975.	94
Ecuación 5. Würch, 1974.	94
Ecuación 6. Rolland-Cachera et al., 1997 (AMG: área de masa grasa).....	94
Ecuación 7. Rolland-Cachera et al., 1997 (AMM: área de masa muscular).....	94
Ecuación 8. Coordenada somatotípica "X".	95
Ecuación 9. Coordenada somatotípica "Y".	95
Ecuación 10. Carter, 1975 (endomorfismo).	95
Ecuación 11. Carter, 1975 (mesomorfismo).	96
Ecuación 12. Carter, 1975 (índice ponderal).	96
Ecuación 13. Carter, 1975 (ectomorfismo).	96
Ecuación 14. Quetelet, 1835 (índice de masa corporal).....	96
Ecuación 15. Vallois, 1965 (longitud relativa de la extremidad superior).	97
Ecuación 16. Topinard, 1870 (índice córmico).	97
Ecuación 17. Vallois, 1965 (índice braquial).	97
Ecuación 18. Índice perimetral de extremidades.	97
Ecuación 19. Van Mechlen et al., 1986; Leger et al., 1988 (estimación VO_2 max en CN).	99
Ecuación 20. Moras, 2002 (giro de hombros con bastón en anteversión).	104
Ecuación 21. Moras, 2002 (giro de hombros con bastón en retroversión).	105
Ecuación 22. Adaptado de Moras, 2002 (flexión de hombros con bastón: anteversión).	106
Ecuación 23. Adaptado de Moras, 2002 (extensión de hombros con bastón: retroversión).	107
Ecuación 24. Moras 2002 (elevación frontal de la extremidad inferior).....	108
Ecuación 25. Moras, 2002 (elevación lateral de la extremidad inferior).	109
Ecuación 26. Moras, 2002 (espagat en el plano frontal; $\alpha \leq 180^\circ$).....	110
Ecuación 27. Adaptado de Moras, 2002 (espagat en el plano frontal; $\alpha > 180^\circ$).....	111
Ecuación 28. Moras, 2002 (espagat en el plano anteroposterior; $\alpha \leq 180^\circ$).	111
Ecuación 29. Adaptado de Moras, 2002 (espagat en el plano anteroposterior; $\alpha > 180^\circ$).....	112
Ecuación 30. Adaptado de Moras, 2002 (flexión de tronco).	113
Ecuación 31. Moras, 2002 (puente).	115
Ecuación 32. Norman & Streiner, 2007.....	131
Ecuación 33. Índice Z o "Z-score"	142

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Estructura competitiva de la GAM

La gimnasia artística masculina (GAM) ha experimentado una extraordinaria progresión en nuestro país a lo largo de la última década. Desde los JJ.OO. de Sydney 2000, el equipo español ha logrado clasificarse sistemáticamente entre los 12 primeros. A tenor de los resultados obtenidos en los campeonatos mundiales, europeos y JJ.OO. de la última década, podemos considerar a España como uno de los países punteros en esta especialidad deportiva.

En la consecución de este éxito ha tenido un papel principal una generación de gimnastas como Jesús Carballo (bicampeón del mundo en barra fija en San Juan de Puerto Rico 1996 y Tianjin 1999 y finalista olímpico en el mismo aparato en Atlanta 1996), Gervasio Deferr (bicampeón olímpico en salto en Sydney 2000 y Atenas 2004 y subcampeón olímpico en suelo en Beijing 2008), Rafael Martínez (campeón de Europa en Debrecen 2005 y 4º clasificado en el Campeonato del Mundo de Melbourne 2005; campeón de Europa en suelo en Amsterdam 2007 y 5º clasificado olímpico el concurso general en Atenas 2004), Víctor Cano (diploma olímpico en caballo con arcos en Sydney 2000 y 5º clasificado en el mismo aparato en Atenas 2004), Andreu Vivó (finalista mundial en paralelas en Debrecen 2002 y europeo en el mismo aparato en Patras 2002 y Debrecen 2005), Manuel Carballo, Isaac Botella y otros.

La gimnasia masculina nacional debe reconocer el papel relevante en esos resultados de entrenadores como Alfredo Hueto (director técnico de la Federación Catalana de Gimnasia), Fernando Siscar (técnico del equipo nacional en el CAR de Madrid), Lev Nicolaievich (ex-seleccionador nacional de origen bielorruso e introductor de la escuela soviética en España), Héctor Ramírez (ex-seleccionador nacional de origen cubano), Benjamín Bango (técnico del equipo nacional en el CAR de Madrid), Álvaro Montesinos (actual seleccionador del equipo nacional) y del tristemente fallecido Marco Antonio Vázquez (ex-seleccionador nacional), entre otros.

Sin embargo, dichos logros deportivos no han ido acompañados de una mejora del conocimiento científico de la especialidad. En nuestra opinión, la gimnasia artística masculina debe empezar a equilibrar la balanza entre la praxis deportiva y la necesaria aportación teórica del conocimiento científico. Solo así será posible optimizar el proceso de entrenamiento, desde las primeras etapas de formación hasta la culminación que supone el alto rendimiento deportivo. La presente investigación nace en este contexto.

La gimnasia artística masculina es un deporte individual, técnico combinatorio de medio estable (Sáez, 2003), cuya regulación viene explícita en el Código de Puntuación de la Federación Internacional de Gimnasia (CP-FIG). Los gimnastas compiten en seis aparatos: suelo, caballo con arcos, anillas, plataforma de saltos, paralelas y barra fija. Sus medidas y características se especifican en la normativa de la FIG, revisada y actualizada en su versión del año 2006. El primero de ellos, el suelo (Figura 1.1), es a una superficie plana con propiedades elásticas de 12 m x 12 m, donde los gimnastas realizan diversas secuencias de elementos gimnásticos. Se

dispone de un tiempo máximo de 1:10 min:s y los grupos de elementos a realizar son: 1) elementos no acrobáticos; 2) elementos acrobáticos adelante; 3) elementos acrobáticos atrás; y 4) elementos acrobáticos laterales, saltos atrás con $\frac{1}{2}$ giro y mortales adelante, y saltos adelante con $\frac{1}{2}$ giro y mortal atrás. El CP-FIG describe un ejercicio de suelo de la siguiente forma: *"Un ejercicio de suelo está compuesto principalmente de elementos acrobáticos, combinados con elementos gimnásticos de fuerza y partes de equilibrio, elementos de flexibilidad, apoyos invertidos y combinaciones coreográficas, formando todos un ejercicio con ritmo armonioso utilizando todo la superficie del suelo"*.



Figura 1.1. Aparato de suelo.

El caballo con arcos (Figura 1.2) se sitúa a 1,15 m por encima del suelo. Posee dos arcos acoplados en el centro de 12 cm de altura. La distancia entre éstos es variable según la elección del gimnasta y su rango de separación oscila entre 40 y 45 cm. Los gimnastas deben usar la totalidad de su superficie, realizando sus ejercicios con la máxima amplitud posible. Los grupos de elementos a realizar en suelo son: 1) impulso de piernas y tijeras; 2) molinos y molinos con piernas abiertas, con o sin giros y apoyos invertidos; 3) desplazamientos laterales y transversales; 4) coronamientos, checas, flops y elementos combinados; y 5) salidas. El CP-FIG nos describe un ejercicio de caballo con arcos de la siguiente forma: *"Un ejercicio de caballo con arcos contemporáneo se caracteriza por diferentes tipos de impulsos circulares piernas juntas y abiertas, en una variedad de posiciones de apoyo en todo el caballo, impulsos de una pierna y/o tijeras. Se permiten impulsos a través del apoyo invertido, con o sin giros. Todos los elementos deben ejecutarse con impulso y sin la más ligera interrupción. No se permiten elementos de fuerza ni de mantenimiento"*.



Figura 1.2. Aparato de caballo con arcos.

En las anillas (Figura 1.3), tercer aparato según el orden olímpico, los gimnastas ponen de manifiesto su capacidad para mantener elevados valores de fuerza máxima relativa a lo largo de toda la rutina competitiva. Las anillas quedan suspendidas de una estructura denominada "pórtico" a una altura de 2,8 m por encima de la superficie del suelo. Los grupos de elementos a realizar en este aparato son: 1) kipes y elementos de impulso; 2) impulsos al apoyo invertido; 3) impulsos a mantenimiento de fuerza; 4) elementos de fuerza y mantenimiento; y 5) salidas. El CP-FIG nos describe un ejercicio de anillas de la siguiente forma: *"Un ejercicio de anillas está compuesto de elementos de impulso, fuerza y mantenimiento en partes aproximadamente iguales. Estos elementos se ejecutan en suspensión, a llegar a una posición de apoyo o a través de ésta, a llegar al apoyo invertido o a través de éste, predominando la ejecución con brazos rectos. Un ejercicio de gimnasia contemporánea se caracteriza por transiciones entre elementos de impulso y fuerza o viceversa. No se permite el balanceo ni el cruce de cables"*.



Figura 1.3. Aparato de anillas.

La plataforma de saltos (Figura 1.4) es el aparato en que los gimnastas, previa carrera de 25 m como máximo, deben realizar saltos acrobáticos de máxima longitud y altura, para recepcionar de forma controlada sobre una colchoneta dispuesta a tal efecto. Este aparato, antiguamente denominado "salto de caballo", supuso toda una revolución en el momento de su instauración, el año 2001. Aumentar la seguridad a la vez que posibilitar saltos más espectaculares, fueron los motivos por los cuales la FIG lo implantó. Por sus dimensiones (135 x 120 x 95 cm) y características elásticas, muchos técnicos y gimnastas lo consideran un segundo trampolín. Los grupos de saltos a realizar en este aparato son: 1) saltos directos; 2) saltos con giros completos en la entrada; 3) palomas o "yamashitas"; 4) saltos con $\frac{1}{4}$ de giro en la fase de vuelo; y 5) saltos con entrada de rondada.

El CP-FIG nos describe un ejercicio de plataforma de saltos de la siguiente forma: "El gimnasta debe realizar un salto, excepto en la calificación y en la final de salto, que debe realizar dos saltos de diferente grupo de salto y con diferente 2ª fase de vuelo (por ejemplo, diferente dirección – adelante o atrás– diferente posición –agrupado o carpado– para saltos simples o un mínimo de ½ giro de diferencia para saltos con giros y vuelos simples. Cada salto comienza con una carrera y una batida con los dos pies (con o sin rondada fuera del trampolín) con piernas juntas y una fase de apoyo breve en la plataforma con las manos. El salto puede contener uno o varios giros alrededor de los dos ejes del cuerpo".



Figura 1.4. Aparato de plataforma de saltos.

Las paralelas (Figura 1.5) corresponden a dos barras (3,5 m de largo) dispuestas paralelamente a una altura de 2,0 m sobre el suelo. Los gimnastas deben realizar una serie de combinaciones con elementos de balanceo y equilibrio que configuren una rutina competitiva dinámica y precisa. Los grupos de elementos a realizar en este aparato son: 1) elementos de apoyo o a través del apoyo sobre las dos bandas; 2) elementos que empiezan en posición braquial; 3) elementos de impulso por la suspensión en una o dos bandas; 4) dominaciones adelante volteando atrás; y 5) salidas. El CP-FIG nos describe un ejercicio de paralelas de la siguiente forma: "En un ejercicio de paralelas contemporáneo predominan los impulsos y elementos de vuelo seleccionados entre una gran variedad de grupos de elementos y realizados con transiciones continuas entre suspensiones y apoyos, de manera que refleje todo el potencial del aparato".



Figura 1.5. Aparato de paralelas.

La barra fija (Figura 1.6) está considerada como uno de los aparatos más espectaculares de la gimnasia artística masculina. Se compone de una barra de 2,8 cm de perímetro y 2,4 m de largo, dispuesta a 2,8 m de altura. La aleación con la que está realizada permite cierta elasticidad que puede ser regulada con los tensores dispuestos a tal efecto. Los grupos de elementos a realizar en este aparato son: 1) impulsos en suspensión con o sin giro; 2) elementos volantes (sueitas); 3) elementos cerca de la barra; 4) elementos en presa cubital y suspensión dorsal, y elementos con la barra detrás del cuerpo; y 5) salidas. El CP-FIG nos describe un ejercicio de barra fija de la siguiente forma: *“Un ejercicio de barra contemporáneo debe presentar una ejecución dinámica que consista exclusivamente en conexiones fluidas de impulsos, giros y sueitas, alternándose con elementos realizados cerca y lejos de la barra, con variedad de presas para demostrar todo el potencial del aparato”.*



Figura 1.6. Aparato de barra fija.

Los gimnastas compiten en los seis aparatos siguiendo el orden olímpico, independientemente del aparato por el que inicien la competición: suelo, caballo con arcos, anillas, plataforma de saltos, paralelas o barra fija (Figura 1.7).



Figura 1.7. Orden olímpico aplicable a todas las competiciones en GAM.

En cuanto a la configuración de las grandes competiciones (JJ.OO. y Campeonatos del Mundo por equipos e Individuales), los gimnastas de categoría FIG (júnior: 17 y 18 años; sénior: ≥ 19 años), deben competir a lo largo de cuatro fases o concursos a lo largo de 6 a 8 días de competición:

- CONCURSO I (CALIFICACIÓN): todos los gimnastas compiten de forma individual, o bien formando un equipo de seis gimnastas. En el caso de los JJ.OO. se permite como máximo la participación de los 12 mejores equipos clasificados en el Campeonato del Mundo precedente. Los resultados en este concurso determinarán la clasificación para las siguientes fases de la competición.
- CONCURSO II (FINAL DEL CONCURSO MÚLTIPLE INDIVIDUAL): los 24 mejores gimnastas (máximo 2 por país o federación) compiten en los seis aparatos. Del resultado final de este concurso, surgirá el mejor y más completo gimnasta individual de toda la competición.
- CONCURSO III (FINAL POR APARATOS): los 8 mejores gimnastas de cada aparato compiten por el primer puesto en cada aparato. El resultado final de este concurso surgirán los mejores especialistas de cada aparato.
- CONCURSO IV (FINAL POR EQUIPOS): restringido a los 8 mejores equipos. El formato de esta fase, igual que en el concurso de calificación por equipos, es el denominado 6-5-4; los equipos están formados por 6 gimnastas, de los cuales compiten 5 en cada aparato y se contabilizan las 4 mejores notas. El resultado final de este concurso determina qué países o federaciones demuestran un mayor nivel gimnástico en la competición.

En el caso de los Campeonatos del Mundo individuales y por aparato, se aplican las mismas fases, a excepción del concurso de calificación por equipos y la final por equipos, que no se realizan. Además, aunque todas las federaciones o países pueden participar con un máximo de 6 gimnastas, no más de 3 podrán hacerlo en el mismo aparato. En la Tabla 1.1 se muestra la participación individual, por equipos y por delegaciones, en los últimos 21 años de celebración de Campeonatos del Mundo y JJ.OO. (FIG, 2009):

Tabla 1.1. Participación en Campeonatos del Mundo y JJ.OO. en GAM.

Año	Competición	Celebración		Participación				Edad* (años)
		Ciudad	País	Equipos (n)	Indiv. (n)	Gim. (n)	Países (n)	
1987	Cto. del Mundo	Róterdam	Holanda	27	14	176	36	22,5
1988	JJ.OO.	Seoul	Korea	12	17	89	22	22,1
1989	Cto. del Mundo	Stuttgart	Alemania	29	18	190	39	21,4
1991	Cto. del Mundo	Indianapolis	EEUU	30	32	212	48	21,9
1992	JJ.OO.	Barcelona	España	12	21	93	24	—
1992	Cto. del Mundo	Paris	Francia	—	128	128	45	21,4
1993	Cto. del Mundo	Birmingham	Inglaterra	—	123	123	48	21,6
1994	Cto. del Mundo	Brisbane	Australia	—	163	163	44	20,8
1994	Cto. del Mundo	Dortmund	Alemania	21	—	145	21	22,1
1995	Cto. del Mundo	Sabae	Japón	24	51	214	56	22,7
1996	Cto. del Mundo	San Juan	Puerto Rico	—	157	157	49	22,4
1996	JJ.OO.	Atlanta	EEUU	12	29	112	31	—
1997	Cto. del Mundo	Lausanne	Suiza	35	39	280	63	22,8
1999	Cto. del Mundo	Tianjin	China	43	38	293	64	21,9
2000	JJ.OO.	Sydney	Australia	12	26	98	32	21,3
2001	Cto. del Mundo	Ghent	Bélgica	40	40	309	60	21,9
2002	Cto. del Mundo	Debrecen	Hungría	—	177	177	51	22,6
2003	Cto. del Mundo	Anaheim	EEUU	52	19	322	66	22,7
2004	JJ.OO.	Atenas	Grecia	12	26	98	31	24,3
2005	Cto. del Mundo	Melbourne	Australia	—	189	189	53	22,2
2006	Cto. del Mundo	Aarhus	Dinamarca	43	57	315	60	22,6
2007	Cto. del Mundo	Stuttgart	Alemania	24	137	281	81	23,2
2008	JJ.OO.	Beijing	China	12	26	98	35	24,9

Indiv. (n): número de gimnastas que participaron únicamente de forma individual.

Gim. (n): número total de gimnastas entre los que conformaron equipo y los que compitieron individualmente.

Tal y como se señala en el inicio de este apartado, el CP-FIG es el documento que regula el sistema de puntuación de todas las modalidades gimnásticas competitivas. En base a éste, que regula básicamente las categorías júnior (17 y 18 años) y sénior (≥ 19 años), las federaciones nacionales deben adaptar sus normativas técnicas para adecuarlas a las categorías inferiores. En el caso de la Real Federación Española de Gimnasia (CP-RFEG), las categorías inferiores en la GAM son: juvenil (15 y 16 años), infantil (13 y 14 años), alevín (11 y 12 años) y benjamín (8, 9 y 10 años).

Tradicionalmente, el CP-FIG y las normativas técnicas nacionales (CP-RFEG) se actualizan cada ciclo olímpico con el fin de optimizar el curso y orientación de las seis disciplinas competitivas que regula (gimnasia artística masculina, gimnasia artística femenina, gimnasia rítmica, trampolín, gimnasia acrobática, gimnasia aeróbica), más la gimnasia general. Así, cada cuatro años suelen reducirse los valores de dificultad de ciertos elementos y se añaden nuevas normativas generales y específicas para cada aparato, instando a gimnastas y a técnicos a buscar nuevos elementos y combinaciones que posibiliten la obtención de las máximas puntuaciones.

A principios del año 2006 el CP-FIG fue revisado en profundidad. Ciertas controversias relativas a los criterios de validez y objetividad del sistema de puntuación utilizado en los JJ.OO. de Atenas 2004, unido a la cada vez peor ejecución de los elementos gimnásticos, hicieron que los órganos directivos de la FIG encargaran a sus Comités Técnicos la propuesta de un nuevo sistema de puntuación. Una de las principales características del nuevo documento, de hecho la que generó mayores controversias, fue la eliminación del concepto de perfección gimnástica asociada a la puntuación "10".

Con dicho sistema, en la actualidad cada gimnasta es valorado en base a dos puntuaciones: una "*Nota D*" o nota de dificultad (el juez suma o bonifica en función de las dificultades, grupos de elementos y combinaciones que ejecuta el gimnasta) y otra nota de ejecución o "*Nota E*" (el juez resta o penaliza en función de los errores técnicos de ejecución desde un valor teórico de salida de 10 puntos). La "*Nota Final*" del gimnasta se establece en base a la suma de las dos notas (nivel de dificultad y nivel de ejecución).

En la presente investigación se utilizan el CP-FIG y el CP-RFEG, en sus respectivas versiones válidas para el año 2005, al objeto de poder establecer el ranking individual de los gimnastas que han participado en el estudio (apartado 3.3.1). Esto es así porque el año 2005 fue el período en que se llevó a cabo el estudio de campo que incluye el conjunto de todas las valoraciones realizadas en el presente trabajo. No obstante, esta circunstancia no debería alterar la relación existente entre las distintas valoraciones y la posición de cada gimnasta en el ranking, ya que todos los gimnastas fueron valorados bajo un criterio único.

1.1.1 FEDERACIÓN INTERNACIONAL DE GIMNASIA

La Federación Internacional de Gimnasia (FIG) está formada por las federaciones nacionales afiliadas a dicha institución y que están reconocidas como órgano controlador de la gimnasia en

sus respectivos países. Sólo se reconoce una federación por país y ésta debe estar reconocida oficialmente por la autoridad nacional responsable de la Educación Física y/o el Deporte (Comité Olímpico Nacional, Comité Nacional de Deportes, Asociación Nacional de Federaciones Deportivas o Autoridades Gubernamentales). Los objetivos de la FIG son los siguientes: a) administrar la gimnasia en el plano internacional; b) coordinar esfuerzos a favor de la salud, el desarrollo físico y moral de la gimnasia y la práctica de todas las actividades deportivas relacionadas con esta; c) luchar contra todo tipo de dopaje; d) organizar las competiciones oficiales de la FIG y las competiciones de gimnasia durante los JJ.OO.; e) contribuir a consolidar la amistad entre los gimnastas de todas las naciones; f) ayudar en la formación y el trabajo de uniones continentales y grupos regionales, manteniendo una estrecha colaboración con dichas instituciones; g) ayudar, en cooperación con Solidaridad Olímpica, en la formación de las federaciones en los países donde no se ha desarrollado gimnasia; h) propagar los ideales del Movimiento Olímpico.

El control y la administración de la FIG incumbe a los siguientes órganos: a) el congreso; b) el consejo; c) el comité ejecutivo; d) el presidente; e) el secretario general; f) la comisión presidencial; g) los comités técnicos (n=6) y el comité de gimnasia general (n=1); h) la comisión de deportistas; i) los auditores elegidos; j) el jurado de apelación; k) la comisión disciplinaria.

De todos estos órganos, conviene señalar que el Congreso de la FIG es su máxima autoridad legislativa, y que el Comité Ejecutivo de la FIG tiene la responsabilidad, bajo la dirección y autoridad del Consejo de la FIG, de la administración, dirección financiera, y el funcionamiento diario de los asuntos de la FIG. El Comité Ejecutivo de la FIG está formado por el presidente, tres vicepresidentes, cuatro presidentes de las uniones continentales, seis presidentes de los comités técnicos y el presidente del comité de gimnasia general, y siete miembros. De entre sus diversas funciones, conviene destacar el hecho de poseer la responsabilidad de adoptar el CP-FIG a las seis disciplinas competitivas (gimnasia artística masculina, gimnasia artística femenina, gimnasia rítmica, trampolín, gimnasia acrobática y gimnasia aeróbica) y desarrollar, junto con la gimnasia general, sus reglas y directrices.

Los eventos oficiales que organiza y gestiona directamente la FIG, son: a) las competiciones de gimnasia de los JJ.OO.; b) las competiciones de gimnasia de los juegos mundiales; c) los Campeonatos del Mundo en las diferentes disciplinas; d) la gimnasia mundial; e) los eventos multicontinentales (por ejemplo, el campeonato de los cuatro continentes); f) cualquier otro evento de naturaleza competitiva o instructiva. El resto de competiciones internacionales, organizadas por las uniones continentales, las federaciones nacionales miembros, u otras autoridades en su territorio, estarán bajo la autoridad de la FIG y requerirán colaboración y coordinación con ésta. Así, el Comité Ejecutivo de la FIG, elaborará las reglas para aprobar dichas manifestaciones internacionales.

Finalmente, la FIG dispone de un Código de Ética que recoge los compromisos éticos y morales que divulga, de aplicación universal para todos aquellos países, gobiernos, organismos,

entidades o instituciones que gestionen cualquier actividad gimnástica. Principios como el respeto a la dignidad e integridad humana se intercalan con los criterios generales que se establecen para la gestión transparente de los recursos económicos y las relaciones de confidencialidad entre la FIG y el resto de agentes externos. El propio CP-FIG recoge el juramento de gimnastas y jueces, de obligado cumplimiento en las competiciones internacionales reguladas por la FIG, con el objetivo de promover el "juego limpio" o "fair play": a) juramento de gimnastas: *"En nombre de todos los gimnastas, prometo que participaremos en la presente competición, respetando y siguiendo las reglas que los dirigen, comprometiéndonos con un deporte sin dopaje ni drogas, en el espíritu de la deportividad, por la gloria del deporte y el honor de los gimnastas"*; b) juramento de los jueces: *"En nombre de todos los jueces y oficiales, prometo que cumpliremos nuestras funciones durante la presente competición con total imparcialidad, respetando y siguiendo las reglas que los dirigen, en un espíritu de deportividad"*.

1.1.2 REAL FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE GIMNASIA

La RFEG está formada por las federaciones autonómicas afiliadas y que están reconocidas como órgano controlador de la gimnasia en sus respectivas Comunidades (o Ciudades) Autónomas (CC.AA.). Los órganos RFEG designados para el desarrollo de la organización técnica de las distintas especialidades (gimnasia artística masculina, gimnasia artística femenina, gimnasia rítmica, trampolín, gimnasia acrobática, gimnasia aeróbica, gimnasia general) son los Comités Técnicos, de carácter consultivo, encargados de valorar las propuestas técnicas y de reglamento de las federaciones autonómicas.

Los Comités Técnicos están constituidos por: a) el presidente de la RFEG; b) el seleccionador nacional; c) un juez internacional; d) el secretario técnico de la RFEG; e) dos vocales técnicos, como mínimo. Sus principales funciones son: a) programar y desarrollar los planes técnicos nacionales de trabajo, estableciendo la propuesta de un calendario de las competiciones de sus especialidades; b) determinar las categorías en las cuales se dividirán los gimnastas para participar en las distintas competiciones; y c) diseñar la normativa técnica de las competiciones nacionales que regula la RFEG: Campeonato de España Individual y por Equipos (clubes adscritos a la RFEG), Campeonato de España de Selecciones Autonómicas, Copa de España y Campeonato Nacional de Base.

Como se ha señalado en apartados anteriores (apartado 1.1) la FIG regula las grandes competiciones internacionales en la categorías júnior y sénior (CP-FIG). Por su parte, la RFEG adapta dichas normativas para las competiciones nacionales y consecuentemente para las categorías inmediatamente inferiores: juvenil (15 y 16 años), infantil (13 y 14 años), alevín (11 y 12 años) y benjamín (8, 9 y 10 años). Se establecen así dos categorías FIG (júnior y sénior) y cuatro categorías RFEG (benjamín, alevín, infantil y juvenil).

Todas las competiciones nacionales, a excepción del Campeonato Nacional de Base cuyos objetivos son la promoción de la gimnasia y la máxima participación social, se rigen por dichas categorías gimnásticas. En la presente investigación se descarta la inclusión de los

gimnastas participantes en esta competición al no regirse por la misma normativa técnica que el resto de competiciones nacionales.

1.1.3 FEDERACIONES AUTONÓMICAS

Dieciocho federaciones autonómicas (17 CC.AA. y la Ciudad Autónoma de Melilla) están afiliadas a la RFEG. El 61% de éstas participaron a nivel nacional en GAM a lo largo del año 2005. Las federaciones autonómicas disponen, básicamente, de dos tipos de normativas: la normativa técnica nacional (CP-RFEG) y sus respectivas normativas autonómicas. Respecto a estas últimas, cada Comunidad Autónoma regula la práctica gimnástica según su contexto político-deportivo en diversos ámbitos: escolar, deportivo asociativo (clubes), centros de tecnificación, de alto rendimiento deportivo, etc.

Pese a la gran heterogeneidad de estructura y funcionamiento, conviene señalar la relevancia de la Comunidad Autónoma de Cataluña. La Federación Catalana de Gimnasia (FCG), con la mayor red asociativa de clubes de gimnasia adscritos (gimnasia artística masculina, gimnasia artística femenina, gimnasia rítmica, trampolín, gimnasia acrobática, gimnasia aeróbica, gimnasia general), posee la más completa estructura competitiva autonómica de toda España, siendo pionera tanto en el desarrollo de normativas que favorecen la promoción y participación de una gimnasia sencilla y accesible, como en los complejos y fructuosos planes de tecnificación, gracias a los cuáles se ha conseguido aportar, desde hace muchos años, grandes gimnastas al equipo nacional. Cataluña, gracias al apoyo del gobierno de la *Generalitat de Catalunya* a través de la *Secretaria General de l'Esport*, se singulariza por ser la única Comunidad Autónoma, junto a Madrid, que posee, además de varios Centros y Clubes de Tecnificación de Gimnasia, un Centro de Alto Rendimiento Deportivo (CAR de Sant Cugat del Vallès).

1.2 Características funcionales del gimnasta

1.2.1 CARACTERÍSTICAS SOMÁTICAS DEL GIMNASTA

El crecimiento somático viene definido como el incremento del tamaño corporal en alguna de sus manifestaciones, principalmente representadas por la talla y el peso. El concepto de desarrollo, en cambio, se relaciona con el proceso de maduración biológica, y viene a manifestarse a través de los cambios diferenciales y funcionales de la forma de los tejidos y órganos del cuerpo humano (Malina et al., 2004a). Así, los conceptos de "crecimiento", "desarrollo", y "maduración", si bien son términos que se refieren a determinados cambios corporales que se inician desde la concepción y prosiguen durante la edad adulta, son procesos biológicos diferentes (Malina et al., 2004a). Los estudios que se han centrado en describir las características somáticas de los gimnastas masculinos son ciertamente numerosos (Tabla 1.2). No obstante, los estudios que contemplan la evolución de las características somáticas de los gimnastas a lo largo de la edad son relativamente escasos (Caldarone et al., 1986; Jancarik & Salmela, 1987; Maffulli et al., 1994; Baxter-Jones et al., 1995; Baxter-Jones & Helms, 1996; Iruñia et al., 2009a).

Tabla 1.2. Estudios realizados sobre las características somáticas en GAM

Referencias	n	Talla	Peso	Longitudes	Diámetros	Perímetros	Comp. corporal	Somatotipo
Dybowska & Dybowski, 1929	19	Sl	Sl	-	-	-	-	-
Di Giovanna, 1942	-	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	-
Cureton, 1951	15	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl
Bosco, 1962	-	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl
Tanner, 1962	-	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	-
Medved, 1966	-	Sl	Sl	Sl	-	-	-	-
Hirata, 1966	122	Sl	Sl	-	-	-	-	-
Carter et al., 1971 (Dinamarca)	15	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl
Carter et al., 1971 (EEUU)	10	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl
Carter et al., 1971 (Rusia)	5	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl
Carter et al., 1971 (EEUU)	11	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl
Clarys & Borms, 1971	14	Sl	Sl	-	Sl	Sl	Sl	Sl
De Garay et al., 1974	28	Sl	Sl	-	Sl	-	Sl	Sl
Stepnicka, 1974	58	Sl	Sl	-	Sl	Sl	Sl	Sl
LeVeau et al., 1974	13	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	-	-
Nelson, 1974	21	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	-	-
Parizkova, 1977	-	Sl	Sl	-	-	-	Sl	-
Stepnicka, 1977	10	Sl	Sl	-	Sl	Sl	Sl	Sl
Araujo & Moutinho, 1978	11	Sl	Sl	-	-	-	-	Sl
Hirata, 1979a	101	Sl	Sl	-	-	-	-	-
Hirata, 1979b	126	Sl	Sl	-	-	-	-	-
López et al., 1979	33	Sl	Sl	Sl	-	-	-	Sl
Zaharieva et al., 1979	126	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	-	-
Pérez, 1981	13	Sl	Sl	-	-	-	-	Sl
Rozin & Ceburaev, 1981	-	Sl	Sl	Sl	-	Sl	-	-
Thorland et al., 1981	12	Sl	Sl	-	Sl	Sl	Sl	Sl
Carter, 1982	11	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl
Meszaros & Mohacsi, 1982a	30	Sl	Sl	-	Sl	Sl	-	Sl
Meszaros & Mohacsi, 1982b	21	Sl	Sl	-	Sl	Sl	-	Sl
Gajdos, 1983	-	Sl	Sl	-	-	Sl	-	-
Gajdos, 1984	169	Sl	Sl	-	-	-	-	-
Zeng, 1985	19	Sl	Sl	-	-	-	-	Sl
Broekhoff et al., 1986	17	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	-	Sl
Caldarone et al., 1986	47	Sl	Sl	Sl	-	Sl	Sl	-
Muñoz et al., 1986	12	Sl	Sl	-	Sl	Sl	Sl	Sl
Rodríguez et al., 1986	15	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl
Withers et al., 1986	8	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	-	Sl
Jancarik & Salmela, 1987	267	Sl	Sl	-	-	Sl	-	-
Règnier & Salmela, 1987	263	Sl	Sl	-	-	Sl	-	-
Pellot, 1987	22	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	-	-
Nadgir, 1988	-	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl
Faria & Faria, 1989	65	Sl	Sl	Sl	-	-	Sl	-
Claessens et al., 1991	165	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	-	Sl
Elbaek & Froberg, 1992	11	Sl	Sl	-	-	-	Sl	-
Gualdi-Russo et al., 1992	31	Sl	Sl	-	Sl	Sl	Sl	-
Gualdi-Russo & Graziani, 1993	28	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	-	Sl
Maffulli et al., 1994	38	Sl	Sl	-	-	-	-	-
Baxter-Jones et al., 1995, 1996	38	Sl	Sl	-	-	-	Sl	-
Daly et al., 2000	31	Sl	Sl	Sl	Sl	-	-	-
Damsgaard et al., 2000; 2001	17	Sl	Sl	Sl	-	Sl	Sl	-
Weimann et al., 2000, 2002	18	-	-	-	-	-	Sl	-
Cuk & Karacsony, 2002	40	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl
Gurd & Klentrou, 2003	21	Sl	Sl	-	-	-	Sl	-
Georgopoulos et al., 2004	93	Sl	Sl	-	-	-	Sl	-
Lentini et al., 2004	13	Sl	Sl	-	-	-	-	Sl
Rodríguez & Berral, 2006	25	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl
Iurtia et al., 2009a	219	Sl	Sl	-	-	-	-	-
	79	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl	Sl

La biotipología ideal para la consecución del máximo rendimiento en GAM, al contrario de lo que sucede en GAF, se establece con posterioridad al brote hormonal o pico de crecimiento (Broekhoff, 1993). La mayoría de abandonos se producen durante la primera fase de la adolescencia (Maffulli et al., 1994), cuando a la elevada velocidad de crecimiento lineal no se le corresponde un desarrollo muscular suficiente (Broekhoff, 1993). Factores de origen coordinativo (la longitud de los segmentos corporales varía, el centro de gravedad se desplaza ligeramente, etc.) y aquellos derivados de un déficit de fuerza muscular, son los mayores limitadores de la prestación gimnástica, al menos hasta que la estructura muscular se consolida (Broekhoff et al., 1986; Broekhoff, 1993). Con todo, si bien se reconoce que el hecho de poseer unas características somáticas ideales no determina el rendimiento gimnástico, éste sí vendría condicionado por éstas, especialmente durante las etapas peripuberales (Tabla 1.4, Tabla 1.5).

Por lo que respecta a anteriores aportaciones realizadas en gimnastas adultos de élite, a continuación (Tabla 1.3) se muestran datos somáticos referenciales del estudio realizado durante el Campeonato del Mundo de 1984 en Rotterdam (Claessens et al., 1991). Cabe cierta prudencia en la valoración de dichos datos, ya que el perfil biotipológico de los gimnastas está sometido a continua evolución, condicionada tanto por unas normativas deportivas cambiantes como por la propia evolución de los aparatos competitivos (Jemni et al., 2001).

Tabla 1.3. Variables somáticas de gimnastas adultos de élite (Claessens et al., 1991).

Variables	Percentiles						
	5	10	25	50	75	90	95
Peso (kg)	53,9	55,3	59,1	63,2	67,7	71,1	74,2
Talla (cm)	156,5	158,6	162,9	167,0	171,4	174,5	177,3
Talla sentado (cm)	83,9	84,9	86,9	88,7	91,1	92,8	93,4
Longitud extremidad inferior (cm)	70,4	73,1	75,4	78,3	81,0	83,1	84,5
Longitud antebrazo (cm)	22,7	22,9	23,9	24,6	25,5	26,3	26,8
Diámetro biacromial (cm)	36,1	36,6	37,5	38,4	39,7	40,6	41,2
Diámetro iliaco (cm)	24,1	24,4	25,3	26,2	27,2	28,0	28,6
Diámetro bicondíleo del húmero (cm)	6,5	6,6	6,8	7,0	7,3	7,5	7,6
Diámetro bicondíleo del fémur (cm)	8,6	8,7	8,9	9,2	9,5	9,7	9,8
Perímetro del brazo en tensión (cm)	32,0	32,5	33,5	34,5	36,0	37,0	37,4
Perímetro del brazo relajado (cm)	28,8	29,3	30,1	31,0	32,3	33,2	34,1
Perímetro del antebrazo (cm)	25,5	25,8	26,7	27,3	28,4	29,1	29,5
Perímetro del muslo (cm)	47,4	47,9	49,3	50,7	52,5	54,3	55,8
Perímetro de la pierna medial (cm)	31,9	32,4	33,7	34,6	35,6	36,8	37,1
Pliegue bicipital (mm)	2,5	2,6	2,8	3,2	3,6	3,8	4,0
Pliegue tricpital (mm)	4,0	4,2	4,6	5,0	6,0	6,9	7,8
Pliegue subescapular (mm)	5,6	6,0	6,6	7,4	8,2	9,0	9,6
Pliegue supraespinal (mm)	3,1	3,3	3,6	3,9	4,2	4,6	5,1
Pliegue medial de la pierna (mm)	3,2	3,5	4,0	4,6	5,4	6,2	6,8

Tabla 1.4. Datos de talla y peso de gimnastas masculinos a lo largo de la edad.

Referencias	Variables	Esl	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Calderone et al., 1986 (n=47)	Talla (cm)	\bar{x}									156,4	164,3	167,8	169,1								
		s									7,9	6,0	5,2	4,0								
	Peso (kg)	\bar{x}									47,9	57,7	62,1	63,7								
		s									7,1	6,9	6,9	4,8								
Jancarik & Salmela, 1987 (n=267)	Talla (cm)	\bar{x}			134,9			152,3			164,9			169,9								
		s			18,3		10,1			11,0			7,5									
	Peso (kg)	\bar{x}			29,6		42,3			54,6			61,4									
		s			6,2		11,0			13,1			8,1									
Maffulli et al., 1994 (n=38)	Talla (cm)	\bar{x}		129,7		139,3		148,2		162,6			168,4									
		s		4,2		2,8		8,6		7,9			3,8									
	Peso (kg)	\bar{x}		25,1		32,7		38,7		52,4			60,0									
		s		1,4		2,9		6,2		8,4			8,9									
Baxter-Jones et al., 1995, 1996 (n=38)	Talla (cm)	\bar{x}		130,9	131,8	137,1	140,8	147,9	153,8	159,7	166,9	169,9	171,0	172,4								
		s		1,9	2,7	2,1	1,7	2,0	3,9	2,8	2,4	1,3	0,3	0,1								
	Peso (kg)	\bar{x}		25,4	26,5	29,8	33,4	38,3	43,5	49,1	58,0	62,0	64,2	64,8								
		s		0,1	0,7	1,0	0,8	0,9	2,6	2,5	2,4	2,8	2,4	2,6								
Iurita et al., 2009a (n=219)	Talla (cm)	\bar{x}		117,9	123,9	128,1	133,1	136,8	141,2	148,2	153,9	159,2	163,6	165,6	167,3	170,1	170,3	170,2	168,7	168,9	169,3	170,6
		s		4,7	4,9	6,2	6,0	7,5	8,8	8,6	8,4	8,0	7,6	6,3	5,9	5,0	6,2	4,6	6,1	5,7	6,7	5,9
	Peso (kg)	\bar{x}		21,4	23,6	26,8	29,0	32,4	37,1	41,8	45,3	50,9	56,7	60,3	62,3	64,2	65,3	64,3	64,7	63,6	63,6	65,9
		s		1,0	1,5	3,0	3,7	4,4	7,6	8,2	9,5	8,7	8,9	8,5	6,5	4,3	7,4	2,5	5,1	4,9	6,1	6,2

Tabla 1.5. Somatotipo y composición corporal en gimnastas masculinos (Iruña et al., 2009a).

Estadística	Edad (años)			Ecto			Meso			Endo			SAM			Σ de 6 Pliegues (mm)			MLG (kg)	Muestra (n=79)
	ES	TR	EI	ES	TR	EI	ES	TR	EI	ES	TR	EI	ES	TR	EI	MG (%)	MM (%)			
\bar{x}	12,1	1,8	5,6	2,8	0,6	12,4	12,9	15,3	40,6	9,3	47,7	34,2	6							
s	0,36	0,33	0,84	0,51	0,14	2,07	1,48	2,91	2,15	1,56	2,65	3,53								
\bar{x}	13,2	1,3	5,5	3,6	0,7	11,4	11,1	13,6	36,1	7,9	46,8	36,8	9							
s	0,43	0,36	1,12	1,23	0,27	1,87	1,78	2,95	2,20	1,11	3,88	4,63								
\bar{x}	14,2	1,5	5,6	2,9	0,9	10,8	11,0	13,1	34,9	7,5	47,3	41,3	13							
s	0,41	0,45	1,32	1,21	0,56	1,87	2,40	2,83	2,37	0,77	2,10	6,20								
\bar{x}	15,0	1,5	5,9	2,6	1,1	11,1	10,3	12,8	34,2	7,5	47,8	45,7	13							
s	0,36	0,31	1,25	0,90	0,49	1,83	2,49	2,32	2,21	0,73	1,66	7,99								
\bar{x}	16,1	1,6	6,2	2,6	0,9	11,8	11,0	12,6	35,4	7,8	48,8	51,8	14							
s	0,32	0,53	0,95	0,91	0,57	2,14	2,76	2,51	2,47	1,23	1,53	7,40								
\bar{x}	17,3	1,5	6,1	2,5	1,1	10,8	10,6	12,4	33,8	7,4	49,5	54,2	14							
s	0,39	0,43	1,15	1,07	0,58	1,99	2,07	2,57	2,21	0,91	1,70	6,95								
\bar{x}	18,1	1,7	6,3	2,4	1,0	11,2	10,4	11,6	33,2	7,3	49,5	56,2	10							
s	0,42	0,30	1,43	1,11	0,57	1,75	1,87	2,59	2,07	0,81	1,12	4,60								

SAM = distancia morfogenética media del somatotipo; Σ de 6 Pliegues = ES (extremidad superior: tricipital, subescapular); TR (tronco: supraespal, abdominal); EI (extremidad inferior: muslo anterior, pierna medial); MG = masa grasa, MM = masa muscular, MLG = masa libre de grasa. \bar{x} = media; s = desviación estándar.

1.2.1.1 DIMENSIONES CORPORALES

Estudios que comparan la evolución de las dimensiones corporales de gimnastas con valores de referencia de sus respectivas poblaciones nacionales, coinciden en observar que los gimnastas, ya desde edades prepuberales, son siempre más bajos y ligeros que la población general, situándose entre los percentiles 10 a 50 en cualquier franja de edad (Caldarone et al., 1986; Nadgir, 1988; Baxter-Jones et al., 1995; Baxter-Jones & Helms, 1996; Maffulli et al., 1994; Weimann et al., 2000; Damsgaard et al., 2001; Georgopoulos et al., 2004; Irurtia et al., 2009a). Además, los gimnastas con mejores resultados competitivos suelen ser aún más bajos y ligeros que sus compañeros de menor nivel (Irurtia et al., 2009a). Así, parece demostrado que ser bajo y ligero beneficia la prestación motriz en este deporte debido a factores biomecánicos (Christensen, 1979; Bale & Goodway, 1990; Cuk et al., 2007). Dichas observaciones serían consistentes con la tendencia secular observada en las últimas décadas, en la que los gimnastas serían cada vez más jóvenes, más bajos y más ligeros (Jemni et al., 2001; Lange et al., 2005), aunque no de forma significativa (Cuk et al., 2007). Factores fenotípicos vinculados a la estricta selección inicial efectuada por los entrenadores, así como factores externos relacionados con el exigente proceso de entrenamiento a lo largo de la edad podrían estar en el origen de dicha tendencia (Bass et al., 2000; Damsgaard et al., 2001). Pese a todo, conviene advertir ciertas excepciones, como por ejemplo las características somáticas de los especialistas de suelo y salto, consistentemente más pesados que el resto de sus compañeros (Irurtia et al., 2009a).

La maduración somática de los gimnastas viene determinada por el momento ("*timing*") y el ritmo ("*tempo*") en que se produce el mayor incremento anual de la talla y del peso de los gimnastas. A estos indicadores de edad biológica se les conoce como pico de crecimiento de la talla y pico de crecimiento del peso (Mirwald et al., 2002). Para su óptima valoración se requiere medir ambas variables a lo largo del tiempo (valoración longitudinal), preferentemente 3 o 4 veces al año (Mirwald et al., 2002). La mayoría de autores señalan que la práctica bien programada y sistematizada del entrenamiento en gimnasia artística masculina no afecta ni al "*timing*" del pico de crecimiento ni a los valores determinados genéticamente de talla y peso en la edad adulta (Baxter-Jones et al., 1995; Baxter-Jones et al., 2003; Irurtia et al., 2009). No obstante, en el ritmo o "*tempo*" de crecimiento sí parecen darse ciertas diferencias (Irurtia et al., 2009a): mientras que en las edades previas al pico de crecimiento (~14 años), los gimnastas mantienen incrementos de talla y peso inferiores a los de la población general, posteriormente, y hasta llegar a la edad adulta (~18 años), sucede justo lo contrario. No obstante, es necesario ser prudentes a la hora de interpretar este fenómeno como una medida de recuperación del ritmo de crecimiento ya que dicho potencial depende en gran medida de factores no controlados por la mayoría de estudios (Baxter-Jones et al., 2003), tales como factores genéticos y epigenéticos (por ejemplo, hormonales, nutricionales y vinculados a la carga del entrenamiento). La antigua polémica de si la gimnasia artística "hace bajos" a los que la practican, lejos de resolverse, genera un constante debate incluso en el ámbito científico (Damsgaard et al., 2001). Si bien algunos autores de referencia señalan que

probablemente no haya una afectación negativa (Baxter-Jones et al., 2003), otros señalan que conviene ser extremadamente prudentes en dicha afirmación, ya que podrían darse casos en que la conjunción de diversos factores anteriormente mencionados (sobrecarga de entrenamiento, desnutrición, alteraciones hormonales, etc.) pudiera afectar negativamente el proceso normal de crecimiento (Caine et al., 2003)..

1.2.1.2 COMPOSICIÓN CORPORAL

Con el entrenamiento regular se produce una disminución del componente graso y un aumento de la masa muscular, comportando habitualmente un aumento del peso corporal (Malina, 1989). Todos los estudios consultados sobre composición corporal en gimnastas coinciden en registrar valores de masa grasa muy reducidos y de masa muscular elevados en comparación con los datos de referencia de las respectivas poblaciones (Di Giovanna, 1942; Cureton, 1951.; Bosco, 1962; Clarys & Borms, 1971; De Garay et al., 1974; Parizkova, 1977; Stepnicka, 1977; Carter et al., 1971; Carter, 1982; Thorland et al., 1981; Caldarone et al., 1986; Muñoz et al., 1986; Nadgir, 1988; Faria & Faria, 1989; Claessens et al., 1991; Gualdi-Russo et al., 1992, 1993; Baxter-Jones et al., 1995, 1996; Weimann et al., 2000, 2002; Damsgaard et al., 2001; Rodríguez & Berral, 2006; Iruñia et al., 2009a).

Los estudios longitudinales o mixto-longitudinales que analizan la evolución de cada uno de estos componentes a lo largo de la edad son también escasos (Baxter-Jones et al., 1995, 1996; Damsgaard et al., 2001; Iruñia et al., 2009a). En un reciente estudio sobre una muestra representativa de gimnastas españoles (Iruñia et al., 2009a), se observa una tendencia no significativa a la paulatina disminución del componente graso a lo largo de la franja de edad analizada (de $12,1 \pm 0,4$ a $18,1 \pm 0,4$ años). Dicha evolución se desvía ligeramente con respecto al perfil estándar de desarrollo, en que el porcentaje graso en varones disminuye hasta los 16 años, para incrementarse paulatinamente a partir de esa edad (Malina et al., 2004b). Respecto al sumatorio de 6 pliegues cutáneos y su distribución por zonas corporales, los gimnastas muestran también un patrón de crecimiento diferenciado. En la población masculina no deportista, dicho sumatorio se mantiene estable durante la infancia, produciéndose a partir de la adolescencia una paulatina acumulación de grasa en el tronco y una progresiva reducción en las extremidades (Malina, 1989). Asimismo, diversos autores señalan que la comparación con otros estudios en gimnastas (GAM), bien sea porque no aportan datos o porque dicho sumatorio no se calcula usando los mismos pliegues (Faria & Faria, 1989; Damsgaard et al., 2000).

El componente muscular en los gimnastas se muestra estable a lo largo de la edad, hecho que coincide con la estabilidad de los tres componentes del somatotipo y que justifica su utilización como criterio de selección en gimnasia artística (Iruñia et al. 2009a). En cuanto a la masa libre de grasa, los gimnastas presentan valores más bajos que la población general, posiblemente como consecuencia de su menor masa corporal total (Iruñia et al., 2009a). No se han hallado estudios de gimnastas masculinos que analicen la evolución del componente muscular en edades pediátricas.

De todos los estudios sobre composición corporal referenciados en la Tabla 1.2, a continuación se muestran aquellos de los que se han hallado datos sobre el porcentaje de masa grasa y/o la masa libre de grasa, en kilogramos (Tabla 1.6). Con todo, conviene advertir cierta prudencia ante la interpretación de los resultados, ya que en función de las diferentes fórmulas antropométricas utilizadas, éstos podrían variar. De hecho, algunos autores (Jancarik & Salmela, 1987; Régnier & Salmela, 1987; Damsgaard et al., 2001; Irurtia et al., 2009a) con el fin de minimizar esta circunstancia, utilizan el sumatorio de pliegues (mm) como medida directa previa al error inherente de toda fórmula estimativa (Claessens et al., 2001). No obstante, el problema persistiría ante la diferencia en el número y tipo de pliegues utilizados por cada autor. No se incluyen los resultados del reciente estudio mixto-longitudinal realizado con gimnastas españoles (Irurtia et al., 2009a) por ya haber sido referenciado en la correspondiente tabla (Tabla 1.5).

Tabla 1.6. Principales estudios de composición corporal en GAM a lo largo de la historia.

Referencias	Gimnastas (n)	Edad (años)	Talla (cm)	Peso (kg)	MG (%)	MLG (kg)
Parizkova, 1977	—	—	170,5	—	4,2	63,2
Thorland et al., 1981	12	16,2±1,4	167,2±7,2	58,5±9,2	8,4	50,0
Carter, 1982	11	25,4±4,6	169,3±5,6	63,5±6,9	—	—
Caldarone et al., 1986	47	17,1±0,9	165,4±6,9	59,2±8,2	7,1±1,7	54,9±7,3
Muñoz et al., 1986	12	13,5±1,4	154,8±8,0	47,9±9,0	9,7±0,5	—
Faria & Faria, 1989	65	16,0±0,7	168,1±7,6	60,3±8,0	7,1±1,6	56,2±7,3
Elbaek & Froberg, 1992	11	23,9±3,5	176,3±2,9	71,7±6,1	10,6±2,2	—
Gualdi-Russo et al., 1992	31	21,8±1,1	174,7±6,5	71,6±7,7	9,8±2,8	54,7±6,4
Baxter-Jones et al., 1995	38	9 - 19	130,9 - 172,4	25,4 - 64,8	10,2 - 17,5	—
Jemni et al., 2000	7	18,4±1,1	171,6±6,2	66,1±3,8	8,9±1,3	—
Weimann et al., 2000, 2002	18	12,4±1,6	—	—	10,4	—
Gurd & Kientrou, 2003	21	13,3±0,3	155,5±2,3	48,3±2,7	8,6±0,1	44,0±1,5
Georgopoulos et al., 2004	93	16,9±2,0	(valores tipificados)	—	10,6±5,0	—
Rodríguez & Berral, 2006	25	21,2±3,3	166,2±4,7	65,5±4,3	17,5	—

MG: masa grasa; MLG: masa libre de grasa

Finalmente, se exponen los resultados obtenidos sobre masa grasa (%) del único estudio hallado que lo realiza en función del grupo de edad (Caldarone et al., 1986). Cabe advertir, no obstante, sobre su diseño transversal (Tabla 1.7).

Tabla 1.7. Masa grasa a lo largo de la edad en GAM (Caldarone et al., 1986).

Edad (años)	15		16		17		18	
	(n=7)		(n=12)		(n=18)		(n=10)	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Masa grasa (%)	6,6	1,6	7,2	1,7	7,1	1,6	7,2	2,1

1.2.1.3 SOMATOTIPO

El somatotipo es un método, descriptivo y numérico, que permite representar las características morfológicas del cuerpo humano de forma global (Sheldon et al., 1940). La valoración y el control del somatotipo es particularmente interesante para los deportistas. Estudios realizados con deportistas olímpicos mediante el método antropométrico de Heath y Carter (Carter, 1975) coinciden en destacar que, en el deporte de élite, es frecuente poder identificar un determinado somatotipo patrón según la modalidad deportiva y que dicho patrón se hace más restringido a medida que aumenta el nivel competitivo de los deportistas (Carter et al., 1971). En este sentido, los gimnastas adultos de élite poseen un somatotipo mesomorfo equilibrado y ecto-mesomórfico, lo que pondría de manifiesto una posible asociación entre el componente mesomorfo (desarrollo músculo-esquelético) y el rendimiento deportivo (Carter et al., 1971; Beunen et al., 1985; Claessens et al., 1991; Gualdi-Russo et al., 1992, 1993).

El primer estudio que describe de forma específica las características somatotípicas de gimnastas de competición adultos data de mediados del siglo XX (Cureton, 1951). Dicho estudio pionero y múltiples aportaciones posteriores destacan diversas particularidades de los gimnastas que los diferencian, tanto de la población normal como de la de deportistas de otras disciplinas (Cureton, 1951; Bosco, 1962; Carter et al., 1971; Clarys & Borms, 1971; De Garay et al., 1974; Stepnicka, 1974, 1976; Araujo & Moutinho, 1978; López et al., 1979; Pérez, 1981; Thorland et al., 1981; Carter, 1982; Meszaros & Mohacsi, 1982a, 1982b; Zeng, 1985; Broekhoff et al., 1986; Muñoz et al., 1986; Rodríguez et al., 1986; Withers et al., 1986; Claessens et al., 1991; Gualdi-Russo & Graziani, 1993; Cuk & Karacsony, 2002; Lentini et al., 2004; Rodríguez & Berral, 2006; Irurtia et al., 2009a). Además, parecen existir también diferencias somatotípicas en función de la especialidad en los diversos aparatos y del nivel deportivo (Claessens et al., 1991; Irurtia et al., 2009a).

Por otra parte, únicamente se ha hallado un estudio que describa la evolución del somatotipo a lo largo de la edad en gimnastas masculinos de competición (Irurtia et al., 2009a). Los autores señalan que los gimnastas presentan un patrón evolutivo normal en sujetos varones, es decir, desde la infancia a la adolescencia, los cambios observados en cada uno de los componentes del somatotipo son reducidos: el endomorfismo tiende a disminuir a la vez que los componentes mesomórfico y ectomórfico aumentan. Al final de la adolescencia, el mesomorfismo continúa aumentando hasta sus valores máximos (~18 años) y se produce un paulatino descenso del ectomorfismo hasta alcanzar la edad adulta. El grado de endomorfismo, sin embargo, es muy variable (Malina et al., 2004c). Igual que sucede con las dimensiones corporales, las diferencias de somatotipo entre los gimnastas y la población general se verifican desde edades tempranas y se mantienen hasta llegar a la edad adulta (Irurtia et al., 2009a). Esto sugiere que los factores genéticos y epigenéticos y/o la selección previa, combinadas posteriormente con las elevadas exigencias del entrenamiento, podrían potenciar las características somatotípicas idóneas para el éxito en gimnasia artística (Claessens et al., 1991). En este mismo sentido conviene advertir que,

pese a la dificultad que supone la modificación del somatotipo mediante determinados tipos de entrenamiento durante la infancia y adolescencia, podrían darse casos en que esto sí sucediera, especialmente en un deporte como la gimnasia artística masculina, en el que se hipertrofian significativamente los brazos y el tronco (Malina, 1989). Pese a todo, en el caso específico de una muestra representativa de gimnastas españoles (Tabla 1.5), el somatotipo se muestra estable a lo largo de la edad, situándose siempre en el perfil ecto-mesomórfico (Iruña et al., 2009a). A continuación se expone mediante la correspondiente tabla (Tabla 1.8) un resumen de las principales aportaciones de la literatura al estudio somatotípico en GAM. Atendiendo a los valores promedio de dichos estudios, se obtiene el siguiente somatotipo (endomórfico, mesomórfico, ectomórfico): $1,9 \pm 0,5 - 5,7 \pm 0,7 - 2,5 \pm 0,7$. Estos valores ratifican los valores que preestablecen otros autores de referencia: $1,5 - 6 - 2$ (Carter, 1982); $1,5 - 5,8 - 2,4$ (Claessens et al., 1991). No se incluyen los resultados del reciente estudio mixto-longitudinal realizado con gimnastas españoles (Iruña et al., 2009a) por haber sido referenciado anteriormente (Tabla 1.5).

Tabla 1.8. Principales estudios sobre el somatotipo en gimnastas (GAM).

Referencias	Gimnastas (n)	Edad (años)	Talla (cm)	Peso (kg)	Endo.	Meso.	Ecto.
Cureton, 1951.	15	24,5	172,7	74,5	2,6	6,2	1,5
Bosco, 1962.	--	Adultos	--	--	2,0	5,0	4,0
Carter et al., 1971 (daneses).	15	24,6 \pm 2,8	172,7 \pm 5,2	74,5 \pm 6,1	2,6 \pm 0,7	6,2 \pm 0,4	1,5 \pm 0,5
Carter et al., 1971 (estadounid.).	10	22,3 \pm 2,1	176,7 \pm 5,4	71,4 \pm 5,8	2,0 \pm 0,5	5,8 \pm 0,7	2,6 \pm 0,9
Carter et al., 1971 (rusos).	5	Adultos	172,7 \pm 2,5	71,7 \pm 1,1	2,6 \pm 0,7	6,0 \pm 0,6	2,1 \pm 0,4
Carter et al., 1971.	11	22,3 \pm 3,2	165,1 \pm 6,1	61,8 \pm 6,3	1,9 \pm 0,5	6,4 \pm 0,5	2,0 \pm 0,6
Clarys & Borms, 1971.	14	Adultos	170,2	65,8	1,7	5,9	2,2
De Garay et al., 1974.	28	23,6 \pm 3,8	167,4 \pm 5,7	65,5 \pm 5,5	1,4 \pm 0,3	5,9 \pm 0,8	2,4 \pm 0,9
Stepnicka, 1974.	58	Adultos	169,7 \pm 4,0	66,5 \pm 4,2	1,5 \pm 0,6	6,9 \pm 0,7	2,1 \pm 0,6
Stepnicka, 1977.	10	12,5 \pm 2,1	151,1 \pm 7,1	39,7 \pm 5,6	1,5 \pm 0,6	4,4 \pm 0,6	3,9 \pm 0,6
Araujo & Moutinho, 1978.	11	13,6 \pm 2,3	153,9 \pm 12,8	42,5 \pm 9,6	2,2 \pm 0,4	4,2 \pm 0,8	4,0 \pm 1,0
López et al., 1979.	33	26,1 \pm 3,4	167,9 \pm 4,8	61,6 \pm 6,0	1,8 \pm 0,9	5,9 \pm 0,4	2,7 \pm 0,5
Pérez, 1981.	13	17,2 \pm 2,1	164,4 \pm 7,0	58,0 \pm 6,9	1,7 \pm 0,4	5,4 \pm 0,7	2,5 \pm 0,6
Thorland et al., 1981.	12	16,2 \pm 1,4	167,2 \pm 7,2	58,5 \pm 9,2	2,3 \pm 0,6	5,0 \pm 1,0	3,2 \pm 1,0
Carter, 1982.	11	25,4 \pm 4,6	169,3 \pm 5,6	63,5 \pm 6,9	1,4 \pm 0,5	5,8 \pm 0,8	2,5 \pm 0,8
Meszaros & Mohacsi, 1982a.	30	Adultos	--	--	1,8	5,5	2,8
Meszaros & Mohacsi, 1982b.	21	Adultos	--	--	2,9	5,1	3,0
Zeng, 1985.	19	19,8 \pm 3,3	157,4 \pm 8,7	52,5 \pm 9,3	1,1 \pm 0,3	6,3 \pm 1,1	2,5 \pm 1,0
Broekhoff et al., 1986.	17	12,5 \pm 3,2	149,6 \pm 12,2	40,2 \pm 10,5	1,3 \pm 0,6	4,8 \pm 0,6	3,6 \pm 1,2
Muñoz et al., 1986.	12	13,5 \pm 1,4	154,8 \pm 8,0	47,9 \pm 9,0	1,9 \pm 0,2	5,2 \pm 0,6	2,8 \pm 0,7
Rodríguez et al., 1986.	15	22,4 \pm 2,8	168,0 \pm 5,0	64,2 \pm 5,3	1,6 \pm 0,3	6,2 \pm 0,7	2,3 \pm 0,5
Withers et al., 1986.	8	20,2 \pm 2,7	169,6 \pm 5,1	63,8 \pm 6,1	1,9 \pm 0,3	6,1 \pm 0,6	2,5 \pm 0,8
Claessens et al., 1991.	165	21,9 \pm 2,4	167,0 \pm 6,3	63,6 \pm 6,2	1,5 \pm 0,3	5,6 \pm 0,7	2,1 \pm 0,6
Gualdi-Russo & Graziani, 1993.	28	21,5	--	--	2,7 \pm 0,9	5,2 \pm 1,0	2,3 \pm 0,9
Cuk & Karacsony, 2002.	40	23,4	168,1 \pm 6,3	66,5 \pm 8,2	1,5 \pm 0,4	4,4 \pm 0,9	1,8 \pm 0,7
Lentini et al., 2004.	13	20,1 \pm 3,9	164,5 \pm 9,5	62,3 \pm 10,6	1,7 \pm 0,3	5,5 \pm 0,9	1,9 \pm 0,8
Rodríguez & Berral, 2006.	25	21,2 \pm 3,3	166,2 \pm 4,7	65,5 \pm 4,3	1,9	6,7	1,6

1.2.1.4 PROPORCIONALIDAD

El estudio de las proporciones corporales, o la relación entre las distintas partes del cuerpo, es de sumo interés para el conocimiento biológico del ser humano (Ross & Marfell-Jones, 1982). Es un hecho constatado que determinadas proporciones corporales condicionan el rendimiento en múltiples especialidades deportivas (Medved, 1966). El principal interés científico del estudio de la proporcionalidad en el ámbito deportivo se centra en averiguar el grado en que una relación entre distintas variables antropométricas explica el rendimiento deportivo de una determinada especialidad (Reilly et al., 2000). Los orígenes, posibilidades y limitaciones de la utilización e interpretación de los índices antropométricos han sido tratados por el Grupo Español de Cineantropometría (Pacheco, 1993; Maestre & Ordaz, 2009).

El primer estudio que analiza las proporciones corporales en GAM se centró en demostrar que la morfología de los gimnastas japoneses del equipo nacional (n=6), en relación a la de los gimnastas estadounidenses de igual nivel (n=7), favorece biomecánicamente su rendimiento en esta especialidad (Leveau et al., 1974). El estudio fue ampliado posteriormente por uno de sus autores (Nelson, 1974), incluyendo los datos del equipo nacional húngaro (n=7). Dichos estudios concluyen que los gimnastas japoneses son significativamente más bajos que el resto de gimnastas y presentan una menor longitud de tibia, cuello y cabeza. Además, el resto de sus segmentos corporales tienden a ser más cortos y de mayor perímetro. Todos los gimnastas presentan diferencias sustanciales cuando se comparan con otros grupos de deportistas (Tanner, 1962; Leveau et al., 1974; Nelson, 1974). A continuación se muestran los resultados de alguno de los índices antropométricos analizados (Tabla 1.9):

Tabla 1.9. Índices antropométricos en gimnastas (GAM) (Leveau et al., 1974; Nelson, 1974).

	Gimnastas EEUU (n=7)		Gimnastas Japón (n=6)		Gimnastas Hungría (n=7)	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
<i>Índice de masa corporal</i>	21,5	0,3	23,0 ^(A)	0,6	22,2	—
<i>Índice de longitud relativa de la extremidad superior</i>	44,6	0,8	44,2	1,5	45,8 ^(J)	—
<i>Índice córmico</i>	53,0	0,8	53,3	0,8	52,9	—
<i>Índice braquial</i>	80,5	2,5	79,3	4,4	86,3 ^(H)	—

p<0,05: (A) gimnastas estadounidenses; (J) gimnastas japoneses; (H) gimnastas húngaros.

En 1984, con motivo de la celebración del *Campeonato de Europa Júnior de Gimnasia Artística* en Rimini (Italia), se llevó a cabo un estudio cineantropométrico de diseño transversal analizando, entre otras variables, el índice de masa corporal y el índice córmico de los gimnastas participantes (n=47), ajustando sus valores para cada grupo de edad analizado (Caldarone et al., 1986). Los principales resultados se muestran a continuación (Tabla 1.10):

Tabla 1.10. Índices antropométricos en GAM (Caldarone et al., 1986).

Edad (años)	15		16		17		18	
	(n=7)		(n=12)		(n=18)		(n=10)	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
Índice de masa corporal	19,5	1,6	21,3	1,5	22,0	1,6	22,3	1,3
Índice còrmico	50,7	1,4	51,2	1,0	51,0	1,2	52,1	1,2

También el estudio de la proporcionalidad de los gimnastas pone en evidencia que ciertas variables parecen relacionarse con el rendimiento y caracterizan un determinado perfil biotípico específico (Rozin, 1974; Caldarone et al., 1986; Claessens et al., 1991). Así, en todas las edades analizadas, además de ser significativamente más bajos y ligeros que la población general de referencia (Baxter-Jones et al., 1996; Damsgaard et al., 2001; Iruña et al., 2009a), sus extremidades superiores son relativamente largas en comparación con el tronco (Petiot, 1987). Dichas características beneficiarían globalmente al gimnasta en la ejecución de la acrobacia, así como en ciertas acciones técnicas en algún aparato, como por ejemplo en caballo con arcos o barra fija (Caldarone et al., 1986; Claessens et al., 1991). Sin embargo, conviene no olvidar las demandas antagónicas de otros aparatos. Tal es el caso de las anillas, que requieren brazos cortos y robustos y piernas cortas y ligeras, o del caballo con arcos, que requiere brazos y piernas largas y ligeras (Rozin, 1974; Christensen, 1979; Bale & Goodway, 1990). Las proporciones corporales características de los gimnastas se observan desde edades tempranas, lo que pondría de manifiesto nuevamente la importancia de la exigente selección inicial en este deporte (Caldarone et al., 1986; Nadgir, 1988; Baxter-Jones et al., 1995, 1996; Damsgaard et al., 2000, 2001; Iruña et al., 2009a).

1.2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL GIMNASTA

Pese a que se reconoce cada vez más la relevancia de la composición corporal, el somatotipo, las habilidades técnicas o las capacidades coordinativas como factores condicionantes del rendimiento en gimnasia artística, las cualidades físicas de la flexibilidad y la fuerza en sus distintas manifestaciones son las que siguen teniendo el mayor protagonismo (Sands, 2000, 2002). Las posibles relaciones e interacciones entre cada uno de los factores condicionantes del rendimiento gimnástico aún no han sido establecidas (Prassas et al., 2006).

1.2.2.1 LA FLEXIBILIDAD

Desde la perspectiva del rendimiento deportivo, la flexibilidad viene definida como la capacidad intrínseca (inherente al ser humano y sujeta a cambios, pudiendo aumentar o disminuir) de los tejidos corporales (músculo, tendón, fascia, ligamento, hueso, nervio, piel...) que determina el máximo rango de movilidad articular (ROM) sin llegar a la lesión (Holt et al., 2008). Cada articulación posee un rango de movimiento específico y limitado, condicionado por la propia

relación entre los tejidos de la estructura articular. Superar el ROM en una determinada acción deportiva puede conllevar patologías de la estructura articular (Holt et al., 1995a; 1995b; 1995c).

La flexibilidad, bajo la perspectiva circunscrita al ámbito de prestación deportiva (Moras, 2002), viene a representar junto a la elasticidad, una de las manifestaciones que queda englobada dentro del concepto general de amplitud de movimiento (ADM). Todas las acciones deportivas se caracterizan por poseer una determinada ADM, que está condicionada por el recorrido articular y la velocidad y/o aceleración generada. En GAM, las articulaciones de los gimnastas son sometidas a exigencias técnicas que implican, o bien elevadas velocidades de ejecución con rangos de movilidad articular igualmente elevados, o bien elementos estáticos que implican el desarrollo de elevados valores de fuerza máxima con rangos articulares submáximos. Todo ello, además, sometido a las exigencias del CP-FIG, cuyo objetivo general es la expresión última de la máxima excelencia posible en cuanto a parámetros de ejecución técnica se refiere (Faria & Faria, 1989; Zetaruk, 2000).

Esta interacción entre la flexibilidad y las demás capacidades físicas básicas es la piedra angular de la gimnasia artística a la hora de manifestar los máximos grados de excelencia técnica (Loken & Willoughby, 1977; Fukushima & Russell, 1980; Sands & McNeal, 2000). El estilo y la perfección del gesto técnico, así como la compostura y posición corporal del gimnasta, quedan altamente condicionados por la amplitud de movimiento que éste sea capaz de generar en cada una de sus habilidades técnicas (Carrasco, 2004a; 2004b). El riguroso tratamiento que varios autores llevan desarrollando sobre las bases neurofisiológicas (Prevost, 2001) y biomecánicas (Prevost, 2002) de la flexibilidad, así como sobre los distintos sistemas metodológicos para su entrenamiento y desarrollo en GAM (Petit, 1996; Carrasco, 2004a; 2004b), no hacen sino demostrar la gran importancia que esta capacidad posee.

El proceso de entrenamiento en el ámbito competitivo debe adecuar sistemáticamente sus objetivos de rendimiento a las demandas que exija la especialidad deportiva. En GAM, la amplitud de movimiento es uno de los criterios que valora de forma preponderante el CP-FIG. Dicha premisa se manifiesta a través del equilibrio o compensación continua, entre el desarrollo de la fuerza (y sus distintas manifestaciones) y el de la flexibilidad (Ho, 1987; Jancarik & Salmela, 1987; Russell, 1987; Singh et al., 1987; Mitchell, 1988; Petit, 1996). Esta sinergia configurará de forma determinante las características físicas de los gimnastas a lo largo de la edad, siendo capaces de generar elevados valores de tensión muscular, no solo durante la aplicación de determinadas acciones gimnásticas (esfuerzos de carácter anaeróbico), sino también a la hora de mantenerlos durante sus largas sesiones de entrenamiento (Jemni et al., 1998a; 2000a, 2002, 2006).

Los factores que condicionan el desarrollo de la flexibilidad son múltiples (Moras, 2002): a) factores estructurales o biológicos (tendones, ligamentos, músculos, fascias...); b) otros factores de carácter exógeno (la edad, las acciones motrices diarias, el género, la temperatura, la hora del día, el entrenamiento deportivo...). Teniendo en cuenta el carácter multidimensional del presente estudio, sus objetivos (2.2), y la propia muestra objeto de estudio (apartado 3.1), resulta pertinente

establecer previamente una breve contextualización de cómo se desarrolla la flexibilidad a lo largo de la edad y qué afectaciones genera ésta en el proceso de entrenamiento. Así, la flexibilidad es una capacidad física que fisiológicamente involuciona a medida que nuestra edad avanza (Kuhlmann, 1993). Dicha involución es diferente y específica para cada articulación (Gómez et al., 1991). Desde el nacimiento hasta llegar a la infancia (10 – 11 años) la flexibilidad decrece lineal y progresivamente (Beaulieu, 1986). La máxima entrenabilidad de la flexibilidad acontece justo antes de las edades cronológicas correspondientes al PHV (Sermeev, 1966; Chapman et al., 1972; Corbin & Noble, 1980; Beaulieu, 1986; Einkauf et al., 1987; Vandervoort et al., 1992; Kuhlmann, 1993). La movilidad articular no conseguida hasta entonces, difícilmente será conseguida en un futuro (Kuhlmann, 1993). Al llegar a la adolescencia, la movilidad articular se estabiliza para volver a decrecer desde la edad adulta hasta los 30 años aproximadamente (Figura 1.8), mientras que a partir de esta edad, vuelve a estabilizarse para, disminuir progresivamente hasta el final del ciclo de vida (Vandervoort et al., 1992).

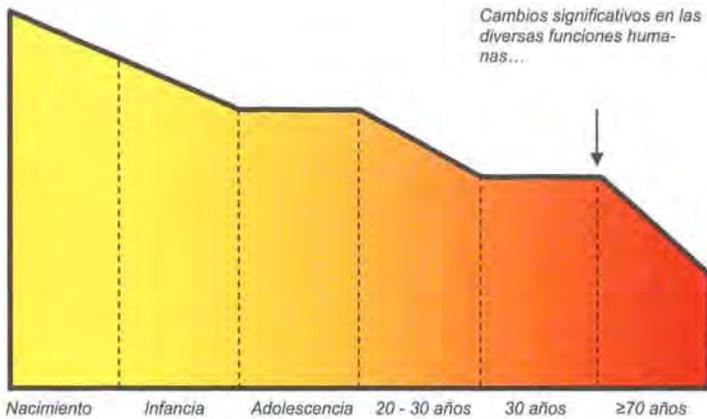


Figura 1.8. Involución biológica no lineal de la flexibilidad a lo largo del ciclo de vida (a partir de Sermeev, 1966; Chapman et al., 1972; Corbin & Noble, 1980; Beaulieu, 1986; Einkauf et al., 1987; Vandervoort et al., 1992; Kuhlmann, 1993).

Las principales causas de este comportamiento son (Kuhlmann, 1993): a) *cambios celulares*: desde que nacemos, tanto el número de células musculares como el número de capilares, disminuye (y con ello la irrigación del propio músculo, ligamentos, tendones, fascias, etc.); b) *cambios de la matriz celular*: disminuye el contenido en agua de ésta, y aumenta el área por sección de la fibra de colágeno junto con los enlaces intercelulares; c) *cambios biomecánicos*: disminuye la cantidad de colágeno porque la capacidad regenerativa es menor (esta circunstancia es directamente proporcional a la menor actividad enzimática), y aumentan los enlaces intercelulares (fuertes o irreducibles) generando un aumento de la rigidez mecánica. Pese a todo, cabe señalar que la citada involución de la flexibilidad responde según parámetros meramente

fisiológicos. El proceso de entrenamiento puede variar (Figura 1.9) dicho comportamiento (Nelson et al., 1983; Voorrips et al., 1993; Barbosa et al., 2002).

De las diferentes clasificaciones que se establecen sobre la flexibilidad, una de las más difundidas es la propuesta por Fleishman (1964). El autor distingue entre: a) *flexibilidad estática*: la velocidad manifestada es cercana o igual a cero. Puede generarse de forma activa o pasiva (y de forma asistida o no). En la primera (activa), una acción generada por el propio segmento corporal implicado conlleva una contracción del músculo antagonista al músculo estirado (interviene el mecanismo neurofisiológico de inhibición recíproca). En la segunda (pasiva), es una acción externa al segmento corporal implicado la que genera el estiramiento (no se genera fatiga muscular y su carácter analítico permite alcanzar prácticamente la máxima perfección de ejecución); b) *flexibilidad dinámica*: la velocidad se manifiesta de forma controlada, o bien de forma acelerada (movimientos balísticos o cinéticos). Normalmente, la flexibilidad dinámica se genera de forma activa.

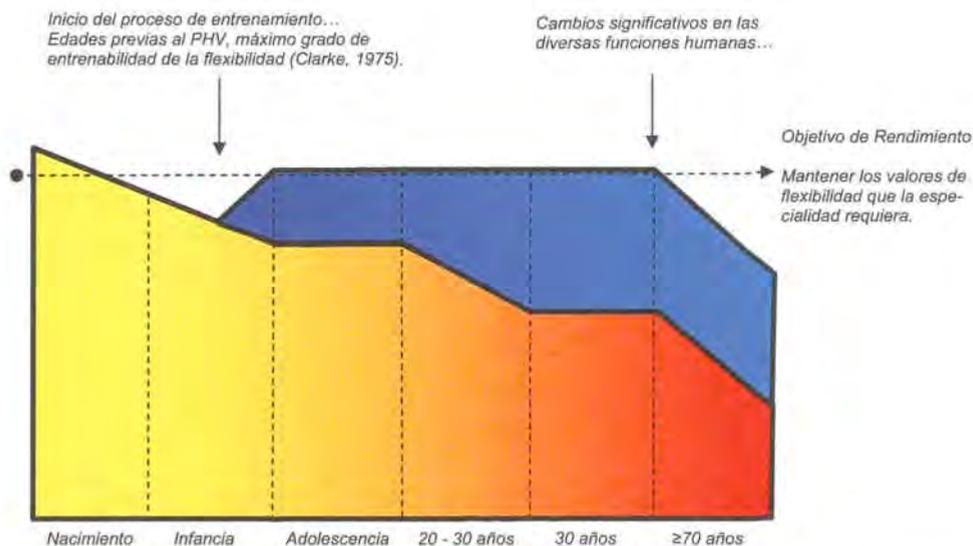


Figura 1.9. Adaptación del entrenamiento para el desarrollo de la flexibilidad a lo largo del ciclo de vida (a partir de Sermeev, 1966; Nelson et al., 1983; Voorrips et al., 1993; Barbosa et al., 2002).

La existencia de valores normativos sobre la flexibilidad en GAM, es escasa (Tabla 1.11 y Tabla 1.12). Los estudios que han proporcionado datos para cada franja de edad, lo son todavía más (Jancarik & Salmela, 1987; Régnier & Salmela, 1987; Colombo, 1996). En GAF, ocurriendo exactamente lo mismo, si parece existir más información al respecto (Haywood, 1980; Sands, 1984; Haywood et al., 1986; Bajin, 1987; Sol, 1987; Sands, 1994). Junto a la escasez de datos en GAM, intervienen además una serie de factores que dificultan cualquier comparación con el presente estudio: a) la utilización de unidades de medida no adecuadas (generalmente, centímetros o milímetros) por parte de ciertos autores (Faria & Faria, 1989; Colombo, 1996; Delas

et al., 2008); b) la aplicación de sistemas de puntuación subjetivos basados en el establecimiento de escalas, generalmente de 0 a 10 puntos (Magakian, 1966; Gajdos, 1983; Arkaev & Suchilin, 2004); c) valores angulares diferentes, en función de cada autor, para posiciones corporales idénticas (Jancarik & Salmela, 1987; Gannon & Bird, 1999; Moras, 2002); d) la no exactitud en la aplicación de los protocolos para test idénticos o semejantes (Gannon & Bird, 1999; Moras, 2002); e) la utilización de tests de origen y objetivo médico, para la valoración del ROM articular y su relación con posibles patologías lesionales (Maffulli et al., 1994; Hahn et al., 1999).

Con estas salvedades, los test empleados para la valoración de la flexibilidad en el presente estudio son los comunmente implantados en la mayoría de baterías de condición física en GAM (Ho, 1987; Singh et al., 1987; Jancarik & Salmela, 1987; Régnier & Salmela, 1987; Colombo, 1996): a) los "espagats" o "splits" en inglés, tanto en el plano frontal (conocido en el argot gimnástico como "espagat frontal" y denominado en el presente estudio bajo un razonamiento anatómico de abducción a modo de "espagat lateral"), como en el plano sagital o anteroposterior (dos espagats, uno en relación a cada pierna avanzada: derecha e izquierda, denominados en el presente estudio como "espagats frontales"); b) la elevación frontal y lateral de la extremidad inferior (derecha e izquierda); c) flexión (anteversión) y extensión (retroversión) de hombros con bastón; c) giro de hombros con pica o dislocación, tanto en anteversión ("inlocats") como en retroversión ("dislocate"); d) puente; e) flexión de tronco.

Únicamente se han hallado cuatro estudios que valoren, en grados, la flexibilidad en GAM (Jancarik & Salmela, 1987; Régnier & Salmela, 1987; Gannon & Bird, 1999; Iruña et al., 2010). Los dos primeros forman parte de un mismo estudio multidimensional de diseño longitudinal, denominado TNT ("*Testing of National Talent*"), iniciado por la Federación Canadiense de Gimnasia a finales de los años 70. Sus objetivos fueron: 1) determinar el nivel de relación (correlación bivariada y análisis de regresión múltiple) entre una serie de variables seleccionadas (n=71) y el nivel competitivo del equipo nacional canadiense (n=9) a lo largo de un periodo de seis años (1977 - 1983); 2) comparar estos resultados con diversos grupos de gimnastas de menor edad y nivel gimnástico (Tabla 1.12). Por lo que respecta exclusivamente a las variables de condición física analizadas (fuerza, velocidad, flexibilidad), la única que incrementa sus valores de forma significativa a lo largo de la edad es la elevación frontal de la extremidad inferior en régimen activo, correlacionando con el rendimiento de forma discreta ($r=0,20$ a $0,43$; $p<0,05$). A este respecto los autores advierten sobre un más que posible aumento de la función muscular debido a la continua realización de elementos acrobáticos en posición carpada que favorecerían el mayor desarrollo de los músculos agonistas implícitos en dichas acciones gimnásticas. Por otra parte, el grupo de nivel internacional registra siempre valores de flexibilidad superiores al resto de grupos de nivel nacional (Tabla 1.12). El comportamiento de la flexión de hombros (anteversión) destaca por dos motivos: a) por los elevados valores del grupo de élite en comparación con el resto de los grupos; b) porque dichos valores correlacionan de forma negativa con el rendimiento gimnástico y, a medida que la edad y el nivel aumentan, esta relación inversa también aumenta (gimnastas de élite en el año 1977: $r=-0,48$; los mismos gimnastas de élite en el año 1983: $r=-0,87$). Las

exigencias a las que se ve solicitado el hombro del gimnasta (Mitchell, 1988), directamente relacionadas con la necesidad de manifestar elevados valores de fuerza y potencia, es el argumento que citan los autores para justificar la cada vez más elevada rigidez de dicha articulación.

Para valorar la laxitud y relacionarla con situaciones de potencial riesgo lesional Gannon & Bird (1999), comparan, mediante la utilización de técnicas hidrogoniométricas (Shirley et al., 1994), el ROM activo y pasivo de cuatro grupos de estudio: a) gimnastas expertos (GAM: n=9; GAF: n=12; edad: 21,1 años); b) bailarines expertos (n=14); c) gimnastas y bailarines principiantes (n=10); d) grupo control (n=20). Los tests que utilizaron son: a) la flexión y extensión del hombro; b) la flexión, extensión y abducción de la cadera; y de forma únicamente activa: c) la extensión lumbar; d) la flexión dorsal del tobillo. Más allá de las diferencias significativas entre los gimnastas expertos y el grupo control ($p < 0,016$), la ausencia de diferencias entre gimnastas masculinos y femeninos, y las diferencias significativas de extensión lumbar y flexión dorsal del tobillo entre el grupo de gimnastas expertos y principiantes ($p < 0,01$), los mismos autores concluyen que los primeros, poseyendo un ROM articular ciertamente amplio, no registran ningún valor de laxitud, definida ésta según los criterios de Carter & Wilkinson (1964). De la misma forma, las elevadas diferencias entre el ROM activo y pasivo en este grupo, parecen condicionadas por la propia carga de entrenamiento, caracterizada por sollicitaciones constantes de fuerza que, según los resultados de este estudio, preponderarían sobre las demandas de flexibilidad, condicionando de esta forma la función articular activa de los gimnastas (Brodie et al., 1982; Barton & Bird, 1995). Según Gannon & Bird (1999) la relación causa-efecto entre carga de entrenamiento gimnástica y lesión en GAM, no parece establecida. Estas conclusiones siguen la línea de otros estudios realizados en GAF (Kirby et al., 1981), aunque en el caso de las gimnastas femeninas éste es un tema controvertido, ya que otros autores advierten justo lo contrario (Bird et al., 1988; Steele & White, 1986). Según Gannon & Bird (1999), los gimnastas masculinos destacan por ser el grupo que menor ROM (activo y pasivo) registra a nivel de flexión del hombro (retroversión). Los autores justifican este resultado por dos motivos: a) las lesiones y leves dolores musculares de los gimnastas en el momento de realizar el estudio; b) una posible dinámica de entrenamiento que preponderaría el trabajo de fuerza en detrimento de una adecuada compensación de la flexibilidad en la articulación del hombro (Russell, 1987; Mitchell, 1988; Petit, 1996). La comparación entre el presente estudio y el de Gannon & Bird (1999) resulta difícil por varios motivos: a) el grupo de estudio lo conforman gimnastas de ambos géneros (Tabla 1.12); b) el ángulo que hace referencia a la posición inicial en el test de flexión del hombro es diferente entre ambos estudios (Gannon & Bird, 1999: 0° = en bidepestación, los brazos están relajados hacia abajo en línea con el cuerpo conformando una perpendicular con la superficie del suelo. Presente propuesta: 0° = en decúbito prono, posición en la que los brazos conforman una línea paralela con la superficie del suelo); c) el test de flexión y extensión de hombros se realiza de forma diferenciada para cada brazo (Gannon & Bird, 1999), no con ambos a la vez como sugiere la presente propuesta. Pese a que todos estos factores limitan cualquier tipo de comparación, en la Tabla 1.12 se muestran los resultados de

dicho test una vez realizadas las equivalencias entre ambos estudios (calculando los ángulos complementarios).

A lo largo de una temporada deportiva dividida en tres periodos (general, específico y competitivo), Irurtia y colaboradores (2010) analizan la evolución de la flexibilidad de 15 gimnastas masculinos, seleccionados por la RFEG, de una edad de $11,4 \pm 1,1$ años y un bagaje previo de entrenamiento de $5,2 \pm 1,3$ años (Tabla 1.11). Los autores utilizan el método trigonométrico y el mismo procedimiento metodológico que en el presente estudio para realizar el cálculo indirecto de los ángulos articulares en las siguientes pruebas: a) extremidades inferiores (espagat lateral y frontal, elevación lateral y frontal de la pierna); b) extremidades superiores (giro de hombros con bastón en anteversión y retroversión); c) pruebas multiarticulares (puente dorsal y flexión de tronco sentado). Sus resultados constatan que, mientras que el rango de movimiento pasivo de las extremidades inferiores mejora entre los dos últimos periodos (espagat lateral y frontal), la manifestación activa no hace lo propio en ningún momento de la temporada (elevación lateral y frontal de la pierna). La flexión del hombro (giro de hombros con bastón en anteversión) mejora rápida y progresivamente a lo largo la temporada. La extensión (giro de hombros con bastón en retroversión), en cambio, únicamente lo hace entre los dos primeros periodos. La flexión de tronco desde sentado empeora su rango de movimiento durante el periodo competitivo, y el puente dorsal no muestra modificaciones significativas a lo largo de la temporada. El incremento de la movilidad del hombro a lo largo de la temporada no concuerda con los resultados observados por los estudios anteriormente realizados con gimnastas de élite (Jancarik & Salmela, 1987; Régnier & Salmela, 1987; Gannon & Bird, 1999). Irurtia y colaboradores (2010) señalan que en GAM, debido a que las diversas y múltiples habilidades gimnásticas requieren cada vez una mayor y progresiva preponderancia de la fuerza sobre la flexibilidad, se hace necesario que sea el propio proceso de entrenamiento quien compense este déficit que, por otra parte, a lo largo de la edad resultará cada vez mayor. Así, la carga y la orientación del entrenamiento influirá en los mayores o menores índices de amplitud de movimiento que cada gimnasta pueda manifestar (Irurtia et al., 2010). En base a esto, los autores acaban concluyendo que en lo que respecta a la muestra objeto de estudio, la flexibilidad se desarrolla a lo largo de la temporada en base a diferentes ritmos de adaptación, en función de la región anatómica analizada (extremidades superiores, inferiores o pruebas multiarticulares) y de la manifestación de la flexibilidad desarrollada (pasiva o activa).

Finalmente, y en relación a la flexibilidad, conviene señalar algunas aportaciones que orientan sus objetivos a la mejora del proceso de entrenamiento de este deporte (Siatras et al., 2003; Sands et al., 2006b, 2008; Kinser et al., 2008). Por una parte, se han analizado las afectaciones negativas generadas por los estiramientos estáticos en la velocidad de carrera de jóvenes gimnastas masculinos prepúberes ($n=11$), concluyendo que si bien éstos forman parte de la rutina diaria de los entrenamientos, no es recomendable situarlos en fases de adaptación o calentamientos previos a la ejecución del salto (Siatras et al., 2003). En este sentido, los autores aconsejan la realización de estiramientos de componente dinámico balístico (previo correcto calentamiento) que incidan en la estimulación de los procesos neurológicos favorecedores de la

capacidad elástico-reactiva muscular (reflejo miotático). Bajo planteamientos similares, esta vez en relación a la gimnasia artística femenina y la capacidad de salto ("*drop jump*") se sitúan otros autores (McNeal & Sands, 2003). Otro de los aspectos analizados es el grado de afectación y mejora que posee la aplicación de vibraciones mecánicas al desarrollo de la flexibilidad de los gimnastas (Sands et al., 2006b, 2008; Kinser et al., 2008). Se ha demostrado la existencia de beneficios significativos ($p < 0,05$) en el ROM articular de los "*splits*" si a una determinada carga de estiramientos estáticos pasivos se le añade un componente vibratorio (Sands et al., 2006b). Además, dicho incremento del ROM no supondría, ni un incremento significativo en la percepción de dolor generada por el estiramiento (Sands et al., 2008), ni una pérdida significativa de los valores de fuerza explosiva en los gimnastas (Kinser et al., 2008).

Tabla 1.11. Resultados de las pruebas de flexibilidad a lo largo de una temporada en GAM.

Región anatómica	Pruebas	G	E	C
Extremidades inferiores	Espagat lateral (°)	172,0±8,7	173,3±7,8	179,0±7,0
	Espagat frontal (°)	166,2±11,8	169,1±7,2	173,3±6,9
	Elevación lateral de la pierna (°)	80,9±6,2	81,2±5,0	82,8±7,2
	Elevación frontal de la pierna (°)	85,0±8,1	85,4±6,8	86,8±7,9
Extremidades superiores	Giro de hombros con bastón: anteversión (°)	49,3±20,4	33,9±11,8	26,4±10,6
	Giro de hombros con bastón: retroversión (°)	58,8±20,4	47,4±13,1	45,0±11,6
Multiarticular	Puente dorsal (°)	58,8±7,0	56,9±9,7	57,4±10,1
	Flexión de tronco sentado (°)	24,8±5,0	21,7±5,2	26,3±3,7

G: período general; E: período específico; C: período competitivo.

1.2.2.2 LA FUERZA Y SUS MANIFESTACIONES

Atendiendo a contemplar cuáles son las principales características funcionales de los gimnastas en relación a las demandas que exige la especialidad respecto a la fuerza y a sus distintas manifestaciones, cabe señalar que el régimen de trabajo de la musculatura implicada en las actividades gimnásticas se va modificando durante el transcurso de una misma rutina competitiva, pasando tanto por el régimen estático como por el dinámico. El régimen de trabajo estático en la competición gimnástica se manifiesta de forma diferenciada según dos componentes (Marina, 2003): a) *corta duración y elevada intensidad* (elementos gimnásticos de 2 segundos de mantenimiento – CP-FIG – y que exigen la expresión de elevados valores de fuerza máxima relativa. Ejemplo: un cristo en las anillas); b) *elevada duración y baja intensidad* (el mantenimiento de determinadas posturas a lo largo de toda la rutina competitiva. Ejemplo: estirar y juntar las piernas en los molinos rusos de caballo con arcos). Por lo que respecta al régimen dinámico, éste se manifiesta tanto en acciones aeróbicas como anaeróbicas con contracciones concéntricas, excéntricas, pliométricas y/o auxotónicas.

Tabla 1.12. Estudios relacionados con la valoración de la flexibilidad en GAM.

Referencia (GAM)	Nivel competitivo	Edad (años)	Número (n)	Unidad	Variables					
					Espagat lateral (abducción)	Elevación de hombros en anteverción (Flexión)	Elevación de hombros en retroversión (Extensión)	Elevación pierna izquierda (front. / lat.)	Elevación pierna derecha (front. / lat.)	
Jancarik & Salmela, 1987	Nivel Internacional *	17,8 (1977)	9	(°)	-	48,5±10,5	-	106,4±6,8	-	
		23,9 (1983)	-	-	-	60,8±15,5	-	113,4±6,4	-	
Faria & Faria, 1989	Nivel Nacional	< 12	48		-	27,7±10,7	-	94,3±13,1	-	
		12 - 14	87	(°)	-	30,9±12,3	-	98,9±12,1	-	
		15 - 17	57		-	33,4±14,9	-	106,2±13,7	-	
		> 18	66		-	27,4±12,7	-	111,7±52,4	-	
Colombo, 1996	Nivel nacional e internacional	16,0±0,7	65	(cm)	-8,0±5,7	44,8±11,9	-	-	-	
		< 11	23		-7,3±9,6	-	-	-	-	
Gannon & Bird, 1999	Nivel nacional e internacional	11 - 14	60	(cm)	-5,17±16,0	-	-	-	-	
		14 - 16	22		1,3±12,1	-	-	-	-	
Gannon & Bird, 1999	Nivel nacional e internacional	21,1	9 GAM 12 GAF	(°)	-	7,3±8,6 (Izquierdo) 13,6±8,9 (Derecho)	54,0±15,5 (Izquierdo) 53,3±13,6 (Derecho)	100,4±10,6 (Frontal) 99,2±15,6 (Lateral)	103,8±11,8 (Frontal) 92,8±21,1 (Lateral)	

* Datos correspondientes al año 1977 y al año 1983. Inicio y final del estudio longitudinal (Jancarik & Salmela, 1987).

Considerando los criterios de González-Badillo et al, (1997, 2002) los ejercicios de competición en GAM presentan las siguientes manifestaciones de fuerza: a) *fuerza dinámica máxima relativa* y *fuerza estática máxima relativa*: ambas manifestaciones corresponden a la máxima fuerza expresada ante una resistencia inferior a la correspondiente con la fuerza dinámica o estática, máximas. En una acción gimnástica que implica la transición de una posición estática de fuerza a otra, el gimnasta no desarrolla sus máximos valores de fuerza, ni de forma estática ni dinámica, sino un porcentaje relativo a éstas. Si dicha acción gimnástica corresponde con un elemento de competición, la manifestación resultante es la fuerza útil. El desarrollo de la fuerza útil debe ser el principal objetivo del entrenamiento, ya que es el que va a guardar mayor relación con el rendimiento del gimnasta, y debería ser el principal criterio de referencia para la organización del entrenamiento. La fuerza útil se produce a la velocidad específica y en el tiempo específico del elemento, por lo tanto, dicha fuerza debe estimarse en base a habilidades de competición. La utilización de resistencias adicionales en la realización de los elementos de fuerza durante los entrenamientos implicará siempre un valor de fuerza dinámica o estática máxima relativa superior, cercano a los valores de fuerza dinámica o estática máxima, respectivamente; b) *fuerza explosiva*: se define como la capacidad para desarrollar grandes valores de fuerza en base al reclutamiento y sincronización instantáneos del mayor número de unidades motoras. Es el resultado de la relación entre la fuerza producida y el tiempo necesario para ello. En GAM se da la paradoja que, pese a que ciertos elementos y transiciones de fuerza se ejecutan lentamente, dicha velocidad es la máxima que permite desarrollar la elevada resistencia a vencer (Trifonov & Yessis, 1986). En este sentido, se han de considerar movimientos explosivos aquellos que alcanzan la máxima o casi máxima producción de fuerza por unidad de tiempo (González-Badillo et al., 1997, 2002). Finalmente, señalar que la fuerza explosiva sin preestramiento depende en gran medida de la fuerza dinámica máxima; c) *fuerza elástico-explosiva*: se define como la capacidad para desarrollar grandes valores de fuerza a partir de un preestiramiento previo (componente elástico-explosivo). En GAM se manifiesta en las impulsiones de brazos o de piernas, y en general en aquellas acciones que buscan movilizar rápidamente el centro de masas. Por ejemplo, al realizar un balanceo en la barra fija el gimnasta estira los músculos elevadores de las piernas y los retroversores de los brazos para posteriormente realizar una contracción de dichos grupos musculares y ganar así altura y velocidad (Busquets, 2010); d) *fuerza elástico-explosivo-reactiva*: en referencia a la fuerza elástico-explosivo-reactiva se añade el efecto del reflejo miotático que interviene debido al carácter del ciclo estiramiento-acortamiento. En GAM la manifestación de la fuerza elástico-explosivo-reactiva se desarrolla mediante ciclos de estiramiento-acortamiento rápidos en relación a otros deportes (Marina, 2003). En el caso de los saltos, los tiempos de contacto de los mejores gimnastas se sitúan en valores entorno a los 100 – 140 ms, por lo que la sollicitación del componente reactivo-elástico de los músculos es determinante (Marina, 2003). A este respecto, señalar que la fuerza elástico-explosivo-reactiva depende en menor medida de la fuerza dinámica máxima (González-Badillo & Gorostiaga, 1997; González-Badillo & Ribas, 2002).

Por otra parte, en GAM existen ciertas circunstancias que limitan el desarrollo de cada una de estas manifestaciones. Por ejemplo, aquellas en las que los gimnastas deben movilizar su propio cuerpo realizando múltiples transiciones que les obligan a la generación constante de elevados valores de fuerza máxima (Springs et al., 2000). Será entonces la capacidad de resistir dichos valores, lo que les permitirá realizar la ejecución combinada de distintos elementos técnicos en un mismo ejercicio y así finalizarlo con óptimas exigencias de calidad técnica (Springs et al., 2000). El concepto de resistencia a la fuerza sería el más aplicable en este caso, ya que se define como la capacidad para mantener un pico de fuerza y una producción de fuerza concretos durante un tiempo determinado (González-Badillo & Ribas, 2002). Con la evolución de la gimnasia de las últimas décadas, la resistencia a la fuerza máxima ha ido cobrando un mayor protagonismo en el rendimiento del gimnasta (Marina & Rodríguez, 1999). En este sentido, dicha capacidad depende en gran medida de la solvencia muscular para trabajar con fatiga o para retardar la aparición de ésta (Bigland-Ritchie & Voods, 1984).

Puesto que la presente investigación abarca una franja de edad considerablemente amplia (apartado 3.1), conviene establecer un breve análisis previo de cuáles son los principales factores que condicionan el desarrollo de la fuerza en edades evolutivas (Blimkie, 1989; Komí, 1992; Malina et al., 2004a; Rowland, 1996; Marina 2003):

a) *la edad*: existe una correlación positiva y muy significativa entre la fuerza y la edad biológica (Carron & Bailey, 1974; Blimkie, 1989). En líneas generales, y siempre en referencia al género masculino, la fuerza aumenta de forma lineal hasta la aparición del pico de crecimiento de la talla (13 – 14 años), momento éste secundado por un típico incremento del rendimiento deportivo durante la pubertad (Jones, 1949; Malina, 1975; Asmussen, 1973; Faust, 1977; Parker et al., 1990). Pese a ello, se pueden considerar dos etapas evolutivas de la fuerza en los niños: la primera hasta el pico de crecimiento de la talla, y la segunda desde dicho momento hasta finales de la adolescencia. En esta segunda etapa se observa un incremento significativo de la fuerza estática máxima, tanto en valores absolutos, como en relación al peso corporal (Parker et al., 1990). Tal y como se ha comentado en el apartado 1.2.1.1, es reconocido que los gimnastas (GAM) de maduración tardía poseen una serie de ventajas que condicionan positivamente su rendimiento (Petiot 1987; Baxter-Jones et al., 1995; Baxter-Jones et al., 2003; Iruña et al. 2009). Aunque los sujetos de maduración temprana suelen tener valores superiores de fuerza máxima en términos absolutos, cuando se relativiza dicha fuerza máxima respecto al peso corporal las diferencias disminuyen de forma drástica, registrándose en algunas ocasiones valores superiores de fuerza relativa en sujetos de maduración tardía (Malina et al., 2004a) Así, dos años antes del pico de crecimiento de la talla se produce un aumento progresivo de la fuerza por kg de peso corporal (4 kg/año). Este aumento se mantiene un año después de dicho pico (6-8 kg/año) y decrece posteriormente de forma rápida (Carron & Bailey, 1974). Estudios de referencia concluyen que aquellos sujetos prepúberes que entrenan específicamente el desarrollo de la fuerza, tal y como es el caso de los gimnastas, aumentan sus valores de forma significativa más allá de lo atribuible al propio desarrollo natural (Blimkie, 1989; Blimkie & Bar-Or, 1996).

b) *las dimensiones corporales*: en GAM, el incremento del peso y la talla están altamente asociados a un aumento de masa muscular y no de masa grasa (Petiot, 1987), aunque en ningún caso de forma significativa (Iruñia et al., 2009a). En edades prepuberales las ganancias de fuerza parecen ser independientes de los cambios del tamaño muscular, siendo los factores neuromusculares (coordinación motora y actividad neural) sus principales causas de mejora (Moritani & DeVries, 1979; Sale et al., 1982; Blimkie et al., 1989; Kraemer et al., 1989; Sale, 1989; Hakkinen et al., 1989; Ramsay et al., 1990; Ozmun et al., 1994). En cambio, el desproporcionado aumento de la fuerza en relación a la talla y al peso durante el inicio de la pubertad, obliga a plantearse que además hay otros factores, principalmente de origen hormonal y neurológico, que influyen en el desarrollo de la fuerza (Blimkie, 1989; Parker et al., 1990; Malina et al., 2004a; Froberg & Lammert, 1996; Rowland, 1996). El perfil evolutivo de las correlaciones entre la fuerza y la dimensionalidad corporal (talla y peso), siendo semejante, siempre es superior en el caso del segundo (Clarke, 1971; Carron & Bailey, 1974; Blimkie, 1989; Parker et al., 1990; Froberg & Lammert, 1996). Finalmente, los métodos de análisis alométrico, muchos de ellos representados mediante índices de proporcionalidad corporal (apartado 1.2.1.4), parecen ser más adecuados y se muestran como métodos más sensibles a la hora de caracterizar las relaciones entre la edad, las medidas antropométricas, y la prestación motriz durante el desarrollo y maduración del individuo (Rowland, 1996).

c) *la masa muscular (tipo, tamaño, y propiedades contráctiles de la fibra muscular)*: al año de edad, se posee una distribución de fibras cercana a la que se poseerá en edad adulta (Malina et al., 2004a). El aumento de la masa muscular durante la infancia y la adolescencia se explica más por el aumento del tamaño de las fibras que por una hiperplasia celular (Lexell et al., 1992; Sjøstrom et al., 1992). El diámetro de dichas fibras aumenta de forma lineal hasta llegar a la adolescencia, momento a partir del cual se alcanzan los valores propios de un adulto (Aherne et al., 1971). Numerosos autores han confirmado la relación entre el área transversal del músculo y la fuerza dinámica y estática máxima (Morris, 1948; Ikaí & Fukunaga, 1968; Davies et al., 1983; Sale et al., 1987; Blimkie, 1989). El grado de hipertrofia, sin embargo, no se produce en todas las zonas corporales por igual, sino que varía en función de la intensidad y carga de trabajo a la que se vea sometido un determinado músculo o grupos musculares (Malina et al., 2004a). Por otra parte, existen otros factores neurales, no vinculados directamente al tamaño de la masa muscular, que determinan la capacidad de producir fuerza durante la infancia y la adolescencia (Klausen et al., 1989; Blimkie, 1989; Rowland, 1996). Pese a que el músculo, tanto por su composición como por su funcionalidad, posee unas propiedades contráctiles al final de la niñez muy semejantes a las que posee al iniciarse la edad adulta (Rowland, 1996; Pääsuke et al., 2000), no es capaz de reclutar y movilizar voluntariamente sus fibras musculares de forma tan intensa como un adulto (Davies et al., 1983; Edwards et al., 1987; Pääsuke et al., 2000). El máximo reclutamiento y frecuencia de estimulación voluntaria de las unidades motoras aumentará durante la pubertad (Belanger & McComas, 1989; Blimkie, 1989; Pääsuke et al., 2000). Finalmente, conviene advertir sobre la especial incidencia de las fibras de tipo II en gimnasia artística, y más concretamente las

de tipo IIa en el momento de asumir un papel preponderante en movimientos dinámicos que solicitan contracciones a gran velocidad, como es el caso de esta especialidad (Sica & McComas, 1971; Maughan, 1984).

d) *maduración del sistema nervioso*: las consideraciones realizadas acerca de la paridad de los mecanismos contráctiles del músculo entre niños y adultos, refuerzan las hipótesis de otros autores que otorgan a los mecanismos de adaptación neurales un papel preponderante a la hora de explicar el aumento de la fuerza en prepúberes (Moritani & DeVries, 1979; Sale et al., 1982; Blimkie et al., 1989; Kraemer et al., 1989; Sale, 1989; Hakkinen et al., 1989; Ramsay et al., 1990; Ozmun et al., 1994): el aumento de la mielinización; la mejora de la coordinación entre agonistas y antagonistas (coordinación intermuscular); el incremento de la activación de unidades motoras (coordinación intramuscular). Conviene advertir, sin embargo, que de las tres posibilidades, únicamente la última ha sido verificada experimentalmente. Parece claro que con la edad aumenta la capacidad de reclutamiento de las unidades motoras, y que este factor por sí solo ayuda a entender los aumentos de fuerza voluntaria (Froberg & Lammert, 1996). No obstante, otros estudios parecen sugerir que existen diferencias de evolución en función del grupo muscular analizado, no hallando diferencias significativas de activación entre prepúberes y adultos con los flexores de los codos y sí en los extensores de la rodilla (Blimkie, 1989). Todo ello sugiere que la maduración del sistema nervioso sí podría influir en la manifestación de la fuerza máxima voluntaria, aunque sus resultados no confirman unánimemente dicha teoría (Blimkie et al., 1989).

e) *factores psico-neurgenicos*: el grado de compromiso, motivación y cooperación del niño en las pruebas de valoración de la fuerza o la prestación motriz se puede controlar a través de pruebas estadísticas de fiabilidad interna, tal y como se justifica en el apartado correspondiente (apartado 3.3.2.6). El hecho de que la práctica totalidad de las pruebas o test realizados en la presente investigación pertenezcan a la normalidad del proceso de entrenamiento de los gimnastas facilita, o cuanto menos minimiza, posibles factores de confusión al respecto. Los resultados de las pruebas estadísticas sobre la fiabilidad de los test específicos ratifican dicho planteamiento (apartado 4.4.1.5). El desarrollo de la fuerza máxima voluntaria de un músculo depende en gran medida del grado o nivel de activación de las unidades motoras, que depende a su vez de dos factores (Komi, 1979; Komi, 1984; Belanger & McComas, 1981): el número de unidades motoras reclutadas; la frecuencia de activación de las unidades motoras reclutadas. Por lo tanto es fundamental que el investigador se preocupe de conseguir el máximo grado de compromiso, motivación y cooperación de todos los participantes.

f) *factores biomecánicos*: parte del aumento de fuerza asociado a la edad puede atribuirse al incremento concurrente de las ventajas mecánicas del sistema muscular durante el crecimiento (Blimkie, 1989). La variabilidad de la relación entre la fuerza máxima y el área transversal podría explicarse por razones biomecánicas asociadas a diferencias arquitecturales del músculo (Froberg & Lammert, 1996): el ángulo de penación de las fibras, que aumenta con la hipertrofia del músculo e influye desfavorablemente en la manifestación externa de la fuerza generada por éste

(Maughan, 1984; Blimkie, 1989); la longitud del segmento y estructura de la articulación, que incide en la relación entre brazos de potencia y de resistencia de las palancas (Blimkie, 1989).

g) *factores endocrinos*: los mecanismos hormonales juegan un papel determinante en el desarrollo de la masa muscular y por ende en el desarrollo de la fuerza, además de explicar gran parte del incremento de esta capacidad física durante el periodo de la pubertad (Blimkie, 1989; Rowland, 1996). La secreción de testosterona circulante en sangre es el principal factor que condiciona el brote de crecimiento y desarrollo de la fuerza muscular en el niño (Preece, 1986). Otras hormonas que intervienen de forma determinante son (Florini, 1987): la hormona de crecimiento, la somatomedina, la insulina, y la hormona tiroidea. En este sentido, y en relación al ámbito de estudio de la presente investigación, conviene únicamente destacar el hecho de que los estadios de maduración de Tanner (Tanner et al., 1966), que es el factor de agrupación que sirve como criterio para conformar los diferentes grupos de estudio (apartado 3.1), predicen mejor la fuerza que la edad cronológica (Pratt, 1989).

h) *factores genéticos*: son varios los autores que han realizado una amplia revisión bibliográfica acerca de la heredabilidad de la fuerza muscular y de la prestación motriz en niños (Klissouras, 1997; Bouchard & Malina, 1983a; 1983b; Malina, 1986; Malina et al., 2004a; Beunen & Thomis, 2000; Beunen et al., 2000, 2001, 2003). Entre el factor genético y la fuerza máxima estática se produce una correlación moderada ($0,63 < r < 0,79$), registrándose una evolución semejante a lo largo de la vida entre hijos y padres (Wolanski & Kasprzak, 1979; Szopa, 1982). Varios estudios (Kovar, 1975; Kovar, 1976; Jones & Klissouras, 1986) resaltan la muy alta heredabilidad de la fuerza-velocidad, lo que se traduce también en la elevada capacidad predictiva de la potencia (97%) y la fuerza dinámica (85%). Ya que las fibras de contracción rápida (tipo IIb) tienen un tiempo de contracción que duplica al de las fibras de contracción lenta (tipo I), es lógico pensar que la heredabilidad de las primeras es un factor determinante a la hora de predecir, por ejemplo, la potencia de salto del tren inferior (Tihanyi, 1982; Malina et al., 2004a). Pese a todo, conviene ser cauto ante la diversidad de los métodos utilizados para valorar la heredabilidad de la fuerza, ya que ello induce a una gran disparidad de resultados. Baste el ejemplo del grado de determinación genética de las fibras musculares del vasto lateral (25-50% según Bouchard et al., 1986; 99,6% según Komi & Karlsson, 1979).

i) *la práctica deportiva*: cuantificar el tipo y el grado de adaptación que las diferentes tipologías de actividad física generan en edades pediátricas es extremadamente difícil (Saris 1986). Sin embargo, está aceptado que en periodos de crecimiento rápido (cercanos al pico de crecimiento de la talla), el grado de entrenabilidad de la fuerza aumenta (Malina et al., 2004a). En este sentido, múltiples son los estudios que han certificado una mejora en el desarrollo de la fuerza en niños y adolescentes en base a la aplicación de diferentes protocolos (Tabla 1.13).

Tabla 1.13. Ejemplos de diferentes protocolos para el desarrollo de la fuerza en niños.

Edad (años)	Modo de entrenamiento	Duración (semanas)	Sesiones semanales	Incremento de fuerza	Referencia
6-11	Hidráulico	14	3	Sí	Weitman et al., 1986
9-11	Máquinas de pesas	20	3	Sí	Ramsay et al., 1990
14-16	Peso libre	6	3	Sí	Gorostiaga et al., 1999

En la presente investigación se han utilizado diferentes tests de prestación motriz ("motor performance") para valorar, entre otras capacidades, la fuerza y sus distintas manifestaciones. Esto se ha realizado desde una perspectiva tanto general (apartado 3.2.2.3) como específica (apartado 3.2.2.4). La justificación y pertinencia de cada uno los test específicos se desarrolla en su correspondiente apartado: a) capacidad de salto (apartado 3.2.2.4.2); velocidad (apartado 3.2.2.4.3); habilidades gimnásticas de condición física (apartado 3.2.2.4.4). Gracias a las aportaciones realizadas por la escuela soviética a lo largo de las últimas décadas (Rozin, 1979; Shlemin, 1979; Lebedev & Rozin, 1981), revisadas y actualizadas posteriormente (Smolevsky & Gaverdovsky, 1996; Ariza, 2004), hoy en día los técnicos de GAM disponen de cierta información sobre el nivel de prestación motriz de jóvenes gimnastas soviéticos (Tabla 1.14). De la misma forma Gajdos (1983), establece lo propio en el caso de gimnastas adolescentes (Tabla 1.15). No obstante, y tal y como se argumenta en el correspondiente apartado (apartado 2.1), cabe advertir que dichos datos no aportan información suficiente, por ejemplo, a la hora de determinar en qué grado cada uno de los test utilizados explica el rendimiento gimnástico y como evoluciona dicha relación a lo largo de la carrera deportiva de los jóvenes gimnastas.

Tabla 1.14. Valoración de la aptitud física en gimnastas soviéticos de 6 a 10 años de edad.

NOTA (puntos)	Carrera 20m (seg.)		Flexiones en suspensión (nº)	Elevaciones de piernas (nº)	Flexiones en apoyo (nº)	Olímpicos en paralelas (nº)	Salto Horizontal (cm)	
	6 - 7 años	8 - 10 años	6 - 10 años	6 - 10 años	6 - 10 años	8 - 10 años	6 - 7 años	8 - 10 años
10,0	≤3,6	≤3,5	≥15	≥18	≥18	≥10	165	180
9,5	3,7	3,6	14	17	16-17	—	—	—
9,0	3,8	3,7	13	16	14-15	9	160	175
8,5	3,9	3,8	12	15	12-13	—	—	—
8,0	4,0	3,9	11	14	10-11	8	155	165
7,5	4,1	4,0	10	13	9	—	—	—
7,0	4,2	4,1	9	12	8	7	150	160
6,5	4,3	4,2	8	11	—	—	—	—
6,0	4,4	4,3	7	10	7	6	145	155
5,5	4,5	4,4	6	9	—	5	—	—
5,0	4,6	4,5	—	8	6	4	140	145
4,5	4,7	4,6	5	7	—	3	—	—
4,0	4,8	4,7	—	6	5	2	135	135
3,5	4,9	4,8	≤4	5	—	—	—	—
3,0	≥5	≥4,9	—	≤4	≤4	1	130	130

Rozin, 1979 (en Ariza, 1987).

Tabla 1.15. Valoración de la aptitud física en jóvenes gimnastas adolescentes (Gajdos, 1983).

NOTA (puntos)	Carrera 20 m (seg.)	Elevaciones de piernas (nº)	Olimpícos en paralelas (nº)	Salto Horizontal (cm)
10,0	≤3,4	≥34	≥16	≥239
9,5	—	30 - 33	15	237 - 238
9,0	3,5	26 - 29	14	235 - 236
8,5	—	22 - 25	13	233 - 234
8,0	3,6	20 - 21	12	231 - 232
7,5	3,7	18 - 19	11	229 - 230
7,0	3,8	16 - 17	10	226 - 228
6,5	3,9	14 - 15	9	223 - 225
6,0	4,0	12 - 13	8	220 - 222
5,5	4,1	10 - 11	7	216 - 219
5,0	4,2	9	6	213 - 215
4,5	4,3	8	5	209 - 212
4,0	4,4	7	4	204 - 208
3,5	4,5	6	—	199 - 203
3,0	4,6	5	3	194 - 198
2,5	4,7	4	—	188 - 193
2,0	4,8	3	2	180 - 187
1,5	4,9	2	—	171 - 179
1,0	5,0	1	1	160 - 170

Además de los tests de prestación motriz utilizados en la presente investigación y vinculados a la fuerza o a alguna de sus manifestaciones, en la literatura internacional se destacan otros (Bajin, 1976; Rozin, 1979; Shlemin, 1979; Smolevsky & Gaverdovsky, 1996): a) trepa de cuerda; b) elementos estáticos de fuerza, tanto en las anillas ("cristo", "cristo invertido"...), como en el suelo o las paralelas ("infernal", "manna", "escuadra"...); c) habilidades técnicas gimnásticas (series de "kippees", series de "vueltas canarias". La justificación de haber sido descartados responde a varios motivos: 1) por ser de aplicación únicamente a una determinada edad (por ejemplo, el "cristo" en las anillas, que por motivos obvios no se aplica en categorías iniciales (benjamín, alevín...) y que sí forman parte de la muestra del presente estudio; 2) por ser similares en cuanto a la función muscular registrada (la trepa de cuerda se descarta al introducir el test de flexiones desde la suspensión o "dominadas"); 3) por ser de dudosa fiabilidad (trepa de cuerda y habilidades técnicas gimnásticas) debido a los elevados factores que intervienen en el rendimiento final del test; 4) de forma complementaria al anterior punto, por arrojar resultados dispares en relación a un mismo test en función del sistema de valoración utilizado.

1.2.2.3 LA RESISTENCIA

La investigación sobre bioenergética en gimnasia artística viene condicionada por las características intrínsecas de un deporte técnico-combinatorio donde la variabilidad de factores de rendimiento es más elevada y compleja que en otros deportes de prestación (Martos, 1991; Bale & Goodway, 1990).

En los albores de la década de los años 70 el estudio sobre las demandas metabólicas en gimnasia artística emerge como preocupación científica internacional (Saltin & Astrand, 1967; Novak et al., 1968; Horak, 1969; Szogy & Cherebetiu, 1971; Montpetit, 1976). Se reconoce como primer obstáculo a salvar la alta dificultad en la valoración del esfuerzo gimnástico. El hecho de que éste suponga multitud de acciones musculares, constantes cambios posicionales y rotacionales del cuerpo, así como por ejemplo, implique además factores relacionados con la carga emocional y/o miedo que provocan ciertas acrobacias, dificultan el hecho de valorarlo de la misma forma que aquellos esfuerzos constantes y estables que, por ejemplo, se protocolizan en los laboratorios (Jemni et al., 2000a). Como norma general, la literatura científica relacionada con la escuela soviética clasifica la resistencia en GAM en base a dos tipologías diferenciadas (Ukran, 1970, 1978; Hadjiev, 1981; Smolevsky & Gaverdovsky, 1996): a) la resistencia general: implica resistir la carga de la globalidad de una sesión de entrenamiento; b) la resistencia especial: implica resistir la carga de cada uno de los diferentes ejercicios o rutinas competitivas realizadas en los aparatos. En lo concerniente a la resistencia especial otros autores reconocen la existencia de un "esfuerzo de competición" de componente anaeróbico y un "esfuerzo de entrenamiento" de componente aeróbico, cada uno de ellos presentes en GAM (Jemni et al., 2000a, 2000b, 2006; Iruña et al., 2007). Con todo, parece necesario establecer un marco contextual que caracterice la implicación de ambos componentes, vinculados con la capacidad física básica de la resistencia, en esta especialidad deportiva.

El componente anaeróbico en GAM

Los procesos anaeróbicos representan la fuente principal de energía de la actividad gimnástica (Bosco, 1973; Elbaek & Froberg, 1992; Queary & Laubach, 1992; Goswami & Gupta, 1998; Groussard & Delamarque, 2000; Jemni & Friemel, 2000; Jemni et al., 2000a, 2000b, 2002, 2006; Le Chevalier et al., 2000; Sands, 2003; Iruña et al., 2007). Durante las rutinas competitivas los gimnastas utilizan principalmente las reservas locales de energía del músculo (ATP, CP y glucógeno). Esta fuente de energía es inmediata a la vez que limitada en el tiempo, y genera una serie de reacciones metabólicas que conllevan fatiga neuromuscular. La relación de causa y efecto entre el lactato y dicha fatiga debe ser tenida en cuenta a la hora de programar cualquier sesión de entrenamiento en GAM (Jemni, 2000; Jemni et al., 2000a, 2003; Jemni & Sands, 2003). En este sentido, el análisis de las concentraciones de lactato en sangre después de la realización de diversos ejercicios gimnásticos ha permitido estimar el porcentaje medio de utilización de las vías anaeróbicas en GAM, registrándose valores entorno a los $5-6 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ (Goswami & Gupta, 1998; Le Chevalier et al., 1998, 1999; Jemni et al., 2001). El aparato del suelo parece registrar los valores más elevados ($6,1\pm 1,0 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) mientras la plataforma de saltos los más reducidos ($3,3\pm 0,7 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$), siempre considerando que la concentración del ácido láctico en los músculos implicados en la actividad pudiera ser mayor que la registrada en sangre, especialmente en aquellos elementos donde intervienen grupos musculares más pequeños (Jemni et al., 1998a, 1998b, 2000a, 2000b, 2006).

El componente aeróbico en GAM

Si atendemos al estudio de las demandas aeróbicas de este deporte, los principales métodos utilizados hasta ahora para su evaluación son: a) relación frecuencia cardiaca y consumo de oxígeno (Astrand & Rodahl, 1977); b) retroextrapolación de la curva de recuperación a partir de la relación oxígeno inspirado y oxígeno consumido (Di Prampero et al., 1971; Leger et al., 1980; Leger et al., 1982). El primero de éstos, pese a la relación lineal de FC y VO_2 entre el 40% y 90% del VO_{2max} , y admitiéndose un coeficiente de variación entorno al 10% (Astrand & Rodahl, 1977), parece ser uno de los más utilizados, sobre todo a la hora de contemplar su viabilidad en la situación real de entrenamiento y competición en gimnasia artística (Jemni et al., 2000a, Irurtia et al., 2007). No cabe obviar, por lo tanto, la existencia de múltiples factores de confusión a la hora de valorar la FC como indicador válido del esfuerzo gimnástico en GAM. Así, en múltiples estudios realizados en GAM se ha determinado una respuesta anticipatoria en forma de aumento de la FC previa a la ejecución del ejercicio gimnástico (Montpetit, 1976; Goswami & Gupta, 1998; Jemni et al., 2000a; Viana & Lebre, 2005). Una preadaptación del sistema simpático condicionado por un entorno hormonal hiperactivado, podría ser la principal causa de éste hecho (Vander, 1970).

Por otra parte, en GAM la participación del tren superior es protagonista indiscutible en los aparatos de potro con arcos, anillas, paralelas y barra fija. A este respecto cabría tener en cuenta las diferencias en las respuestas metabólicas (FC, VO_2 ...) entre brazos y piernas. En este sentido, la literatura muestra resultados dispares. En el caso específico de gimnastas de élite, se han investigado las diferencias de comportamiento del metabolismo aeróbico a la hora de ejecutar determinados protocolos con el tren inferior o bien con el tren superior, hallándose diferencias entre éstos del 73%: $53,1 \pm 3,2$ mL·kg·min⁻¹ para el tren inferior, y $39 \pm 5,7$ mL·kg·min⁻¹ para el tren superior (Le Chevalier, 1999). Otros estudios, sin embargo, revisan la literatura y señalan que en la mayoría de casos sucede justo lo contrario: un aumento de la FC ante esfuerzos de igual intensidad al realizarlos con el tren superior (Pendergast, 1989; Secher y Volianitis, 2006). En todo caso, parece claro que el flujo sanguíneo durante un ejercicio global en posición de erguido es regulado de forma diferenciada según circule por los brazos o bien por las piernas (Calbet et al., 2005, 2007). Conscientes de la disparidad de resultados, los mismos autores señalan la conveniencia de atender la especificidad del ejercicio valorado, ya que por ejemplo, desde la posición de estirados en decúbito prono y ante un mismo ejercicio, se produce un aumento del retorno venoso hacia el corazón que genera un incremento del volumen sistólico en reposo y una concomitante disminución de la FC máxima y submáxima (Braden & Strong, 1989). Otro factor a considerar, esta vez específico a la gimnasia artística, son los efectos del momento de inercia a los que se ve sometido el cuerpo de un gimnasta. En el caso del Tkachev en barra fija, por ejemplo, se alcanzan momentos angulares durante la fase de suspensión de $94,1 \pm 3,7$ kg·m²/s a una velocidad de $5,4 \pm 0,1$ ms, todo ello en relación al centro de masas (Bruggemann, 1994; Bruggemann et al., 1994). En este caso, la FC aumentaría debido principalmente a la fuerza centrífuga y/o centrípeta que generan dichos momentos cinéticos, tal y como ocurre por ejemplo ante situaciones provocadas de hipergravedad (Iwasaki et al., 2005). El ejercicio de barra fija en

GAM, es un claro ejemplo de éste hecho (Goswami & Gupta, 1998; Jemni et al., 1998a). La alta variedad e implicación de las diversas acciones musculares ejercidas por el gimnasta es otro de los factores que dificulta la valoración de las demandas metabólicas en esta especialidad. Desde muy temprana edad los gimnastas ejercen, además de acciones musculares dinámicas de carácter concéntrico, excéntrico y pliométrico, acciones musculares máximas de carácter isométrico, cuya valoración es harto complicada en niños debido a que la mayoría de tests se basan en protocolos submáximos (30% - 50% de una contracción máxima isométrica). Esto se debe a la incapacidad de los jóvenes sujetos a la hora de mantener una contracción isométrica máxima el suficiente tiempo como para efectuar mediciones hemodinámicas estables (Braden & Strong, 1989). En el caso de la GAM, baste señalar con el ejemplo de un simple apoyo invertido mantenido, comúnmente denominado "vertical" o "pino" de 30 segundos, la complejidad que supone valorar determinados parámetros fisiológicos. Así, al colocarse en vertical se produce una disminución aproximada del 20% de la FC a partir de los 5 segundos. Una vez ésta ha finalizada y transcurridos 10 segundos, la FC vuelve a sus valores iniciales. Esta disminución se explica por el aumento del volumen de eyección sistólico ante la necesidad de aumentar de forma repentina el retorno venoso (Montpetit et al., 1976). La maniobra de valsalva, ampliamente analizada (Colman, 1965; Hill & Butler, 1991; Fuenmayor et al., 1992; Turley, et al., 2002), sería otro de los factores que condicionarían la valoración del esfuerzo gimnástico, esta vez provocando un aumento de la FC, tal y como se cita en diversos estudios realizados en gimnastas (Montpetit, 1976; Goswami & Gupta, 1998; Jemni et al., 2000a; Viana & Lebre, 2005).

El patrón ventilatorio de los gimnastas durante las rutinas competitivas es un indicador que muestra la naturaleza compleja que supone el esfuerzo gimnástico (Montpetit, 1976). Así, se advierte sobre la especificidad y poca racionalidad del ritmo respiratorio en gimnasia artística, condicionado por la heterogeneidad de los elementos, las características individuales de cada gimnasta, así como por la distinta naturaleza de cada uno de los seis aparatos que conforman la competición gimnástica. Los gimnastas no entrenados suficientemente se mantienen en apnea durante el ejercicio alrededor del 40-50% del tiempo empleado para la realización de su ejercicio. En cambio, los gimnastas de élite se sitúan alrededor del 10-15% (Montpetit, 1976). Por otra parte, cabe no obviar, dentro de los factores que condicionan el comportamiento de la FC en GAM, aquellos factores de origen psicofisiológico tales como el miedo, la emoción o la motivación (Kniffin et al., 1976; Tremayne & Barry, 1988; Marina, 1990; Jemni et al., 1998a; Irurtia et al., 2007). Dichos aspectos podrían provocar en ciertos casos un aumento de la FC sin el correspondiente aumento del VO_2 , si atendemos a que no se producen demandas físicas (Montgomery & Beaudin, 1982). En este caso, los mismos autores señalan la pertinencia de utilizar la FC por encima del VO_2 para valorar el estrés total (físico y psicológico) del sistema cardiovascular en GAM. Por ello y por otros factores, el propio modelo de estimación del VO_2 y el gasto energético a través de la FC estaría sobreestimado alrededor de un 15% (Astrand & Rodahl, 1977; Rodríguez & Aragonés, 1992; Bunc & Petrizilkova, 1994;). El estado físico (Kozar, 1962), las condiciones ambiente (Skubic & Hodgkins, 1967) y la propia edad del sujeto (Kirby & Kirby, 1997) serían, finalmente, otros

valores que habría tener en cuenta a la hora de utilizar la FC para la valoración del esfuerzo gimnástico.

A modo de conclusión, y pese a que todos los factores de confusión anteriormente citados atestiguan la no conveniencia de utilizar la FC como indicador válido del esfuerzo competitivo en GAM de alto nivel (Jemni et al., 2000a), si se reconoce la utilidad práctica de dicho parámetro a la hora de valorar y controlar la globalidad del esfuerzo de entrenamiento, siendo un indicador útil para el entrenador a la hora de reflejar el stress global del sistema cardiovascular para cada evento gimnástico en determinados momentos de la temporada (Montgomery & Beaudin, 1982; Faria & Phillips, 1970; Marina, 1990).

La presente investigación, tal y como se ha justificado en el apartado correspondiente (apartado 2.1) analiza el rendimiento gimnástico desde una perspectiva multifactorial (Rodríguez, 1989) basada en pruebas o test de campo de sencilla aplicación. De esta manera se contempla la valoración de las aptitudes aeróbicas a través de la "Course navette" (apartado 3.2.2.3.1), utilizada como indicador estimativo del VO_2max según el protocolo de la "Batería Eurofit" (Council of Europe, 1988). El VO_2max es un parámetro utilizado para valorar el metabolismo aeróbico. Sólo puede ser solicitado al 100% después de un trabajo desarrollado entre 40 y 60 segundos (Willmore & Costill, 2004). Valores reducidos de VO_2max hacen considerar a la gimnasia artística como un deporte de baja implicación aeróbica. Montpetit (Montpetit, 1976), a modo de revisión, cita alguna de estas primeras fuentes: a) $60 \text{ mL}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$ del equipo nacional sueco (Saltin & Astrand, 1967); b) $55,5 \text{ mL}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$ de gimnastas de liga universitaria estadounidense (Novak et al., 1968); c) $50 \text{ mL}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$ del equipo nacional checo (Horak, 1969); $46,2 \text{ mL}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$ del equipo nacional rumano (Szogy & Cherebetiu, 1971). El objetivo final radica en determinar hasta que punto el metabolismo aeróbico condiciona el rendimiento durante la competición y las sesiones de entrenamiento. Así, se determinan implicaciones del 20% por parte del metabolismo aeróbico y del 80% por parte de los procesos anaeróbicos en la ejecución de ejercicios competitivos, valores que en este caso equivalen al 35% del VO_2max registrado en laboratorio (Montpetit, 1976). Cabe destacar que gimnastas con un nivel competitivo no internacional, poseen valores inferiores de VO_2max respecto a gimnastas de élite. A pesar de ello, los primeros se mantienen dentro de límites atribuibles a los deportistas (Goswami & Gupta, 1998). Los gimnastas de élite se clasifican entre los deportistas con menos potencia aeróbica máxima, situándose en valores entorno a los $51 \text{ mL}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$ (Bergh, 2003). En la Tabla 1.16 se muestra un resumen de los estudios publicados sobre el metabolismo aeróbico en gimnastas masculinos adultos. Por otra parte, en términos absolutos y siempre hablando en relación a población normal, el VO_2max se incrementa con la edad desde 1 l/min a los 6 años hasta los 3 l/min a los 15 años. El valor máximo se sitúa alrededor de los 3,8 l/min a los 20 años (Braden & Strong, 1989). Ahora bien, se sabe que el VO_2max está altamente condicionado por la propia masa muscular, razón por la cual cuando hablamos en términos relativos ($\text{mL}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$) no se observa dicho aumento con la edad, sino más bien todo lo contrario. Si se atiende al caso específico en GAM, la evolución del VO_2max a lo largo de la edad muestra un descenso en sus valores, pasando de $53,2\pm 6,3 \text{ mL}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$ a los 12-13 años, a

50,9±6,2 mL·kg·min⁻¹ a los 14-15 años, hasta los 47,2±6,7 mL·kg·min⁻¹ a los 17-25 años (Barantsev, 1985). Como se ha señalado, dicha disminución estaría asociada principalmente a los consecuentes cambios corporales y/o hormonales consustanciales al proceso de crecimiento, desarrollo y maduración a lo largo de la edad (Falgairrette et al, 1991), así como al lógico aumento de la carga de entrenamiento (Black & Johnson, 1975). Además, mientras los adultos son capaces, desde un estado de reposo, aumentar entre 10 y 15 veces (20 veces en sujetos entrenados) su VO₂ en función de las demandas exigidas por un determinado esfuerzo máximo, los niños únicamente alcanzan a incrementarlo 10 veces (Braden & Strong, 1989). El aumento de la potencia anaeróbica máxima, consecuencia de un entrenamiento altamente específico en jóvenes gimnastas, contribuiría también a dicha disminución en los procesos aeróbicos a lo largo de la edad (Jemni et al., 2002). Además, cabe tener en cuenta que dicha especificidad muscular temprana, en caso de producirse, vería acrecentada sus efectos si se produjese antes de la pubertad, como suele suceder en el caso de los gimnastas (Malina et al., 2004a). A pesar de la disminución del VO₂max con la edad, existe un consenso general a la hora de señalar que los gimnastas deberían desarrollar, en mayor o menor medida, su capacidad aeróbica. Está comprobado que aquellos gimnastas con valores más elevados tienden a soportar más carga de trabajo durante el entrenamiento: menores tiempos de recuperación; mayor número de pasadas; mejor estado de forma a la hora de mantener determinados valores de calidad técnica ante situaciones de fatiga (Marina, 1990). A este respecto, señalar que se ha observado que niños que realizaban buenas actuaciones durante esfuerzos breves e intensos poseían igualmente valores de VO₂max mejores que el resto (Bar-Or, 1975; Malina et al. 2004a). En la Tabla 1.17 se muestra un resumen de los escasos estudios sobre FC- VO₂max publicados hasta el momento con jóvenes gimnastas (GAM). Los gimnastas se clasifican entre los deportistas con una potencia aeróbica mas débil y con un umbral anaeróbico relativamente bajo pero tardío, cercano al 79% del VO₂max (Jemni et al., 2000a). Para entender esta contradicción (un bajo VO₂max y un umbral láctico tardío, cercano al 79% VO₂max) es necesario establecer las relaciones que se producen entre los componentes metabólicos (anaeróbico y aeróbico) y la fuerza desarrollada en GAM (Jemni et al., 1998a, 1998b). En este sentido, si pedimos a dos gimnastas que realicen una misma combinación de elementos en un aparato es muy probable que no hagan uso de la misma forma de los procesos neuromusculares y metabólicos. Uno puede utilizar el 90% de la fuerza máxima mientras que el otro puede estar entrono a valores del 50%. En consecuencia, el primero movilizará un mayor porcentaje de fibras rápidas glucolíticas y producirá mucho más lactato que el segundo. Este ejemplo muestra que el metabolismo aeróbico está lejos de ser considerado como un factor determinante en la producción de energía necesaria para el rendimiento en GAM, ya que un gimnasta "fuerte" retrasará el acúmulo de lactato porque se apoya muy poco en sus fibras IIb (Jemni et al., 2000a). Así, diversos autores señalan que pese a que la fuerza es uno de los factores que más condiciona el rendimiento gimnástico, un gimnasta no necesita poseer una gran potencia anaeróbica, ni un VO₂max muy elevado, o grandes valores de fuerza máxima, sino más bien un equilibrio entre estos tres componentes (Jemni et al., 2000a, Sands et al., 2001).

Tabla 1.16. Estudios basados en el metabolismo aeróbico de gimnastas adultos.

Sujetos (n)	Edad (años)	Talla (cm)	Peso (Kg)	Sexo	Nivel	Práctica (h/sem.)	FC max laboratorio (lat/min)	FC max Situación de práctica (lat/min)	FC Media Situación de práctica (lat/min)	VO ₂ max laboratorio (mL.kg.min ⁻¹)	VO ₂ Situación de práctica (mL.kg.min ⁻¹)	Referencias
10	23,7 ± 1,8	172,4 ± 4,0	69 ± 4,5	M	Nacional	—	—	151,0	136,0 ± 9,0	—	18,5 ± 3,4	Seilger et al., 1970
8	Adultos	—	—	M	Internacional	—	—	181,7 ± 4,6	≥ 140,0	51,6	19,5 ± 3,0	Montpeiff, 1976
11	23,9 ± 3,5	176,3 ± 2,9	71,7 ± 6,1	M	Internacional	5 - 10	—	—	—	59,4 ± 3,8	—	Elbaek & Froberg, 1992
5	24,2 ± 3,1	169,4 ± 4,0	63,5 ± 2,4	M	Universitario	5	—	186,0 ± 10,6	169,5 ± 13,6	49,6 ± 4,9	—	Goswami y Gupta, 1998
7	18,4 ± 1,1	171,6 ± 6,2	66,1 ± 3,9	M	Internacional	20	188,9 ± 8,0	179,5 ± 10,2	166,3 ± 10,1	52,6 ± 3,0	47,0 ± 4,3	Jermi et al., 1998a
9	18,6 ± 1,2	169,3 ± 6,4	65,3 ± 4,4	M	Nacional/Internacional	—	191,0 ± 8,0	—	—	53,1 ± 3,2	—	Le Chevallier et al., 1998
7	18,7 ± 1,3	170,0 ± 6,0	66,0 ± 3,0	M	Nacional/Internacional	—	190,0 ± 8,0	188,0	122,0 ± 7,0	52,5 ± 2,9	—	Le Chevallier et al., 1999

Tabla 1.17. Estudios basados en el metabolismo aeróbico de jóvenes gimnastas.

Sujetos (n)	Edad (años)	Peso (Kg)	Talla (cm)	Sexo	Nivel	Práctica (h/sem.)	FC max laboratorio (lat/min)	FC max Situación de práctica (lat/min)	FC Media Situación de práctica (lat/min)	VO ₂ max laboratorio (mL.kg.min ⁻¹)	VO ₂ Situación de práctica (mL.kg.min ⁻¹)	Referencias
30 + 30	9,3 ± 0,4	25,5 ± 4,5	131,2 ± 2,3	F/M	Recreacional	Esportivo 20 Práctica	—	170,6 ± 19,9	146,6 ± 20,5	—	—	Faria y Phillips, 1970
5	15,0 ± 1,4	56,5 ± 12,6	160,0 ± 1,0	M	Nacional/Internacional	16 - 18	197,6 ± 9,4	180,0	160,0	54,0 ± 3,5	—	Groussard & Delamarche, 2000
5	9,0 ± 0,6	35,0 ± 2,0	140,0 ± 2,0	M	No competición	24	200,0 ± 1,5	177,0 ± 7,0	125,0 ± 4,9	55,5 ± 1,4	25,5 ± 3,3	Iurtia et al., 2007

1.2.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL GIMNASTA

La gimnasia artística masculina es una especialidad deportiva de elevadas exigencias técnicas (Neumaier et al., 2002; Prassas et al., 2006). El componente técnico, a su vez, posee una elevada correlación con el nivel de condición física de los gimnastas (Carter et al., 1971; Sands et al., 2001). Apenas existen elementos técnicos que no exijan niveles de preparación física ciertamente elevados, condicionando así cualquier tipo de aprendizaje técnico (Brewin et al., 2000; Holvoet et al., 2002). Actualmente, se estima entre cientos y miles el número de acciones y combinaciones técnicas desarrolladas en gimnasia artística. Además, dicho número aumenta continuamente debido a la aparición de nuevos elementos técnicos (Prassas et al., 2006). Pese a que gran parte de estas habilidades técnicas comparten principios biomecánicos comunes y por lo tanto son susceptibles de ser concentradas en familias gimnásticas (Leguet, 1985), grupos estructurales (Brügemann, 1994), o hábitos motores básicos (Ariza et al., 2007), el número de éstos sigue siendo demasiado elevado como para poder abarcar su estudio de forma específica o individual. Dicha complejidad puede ejemplificarse a través de la aportación científica a una acción técnica como la marcha (Prassas et al., 2006): si actualmente una única habilidad técnica ha sido objeto de más de 1000 estudios biomecánicos y posiblemente sea susceptible de muchos más, ¿cuántos serán necesarios para "entender" la complejidad técnica que supone la gimnasia artística?. La aportación científica al estudio biomecánico de la gimnasia artística ha sido recientemente revisada (Prassas et al., 2006). El resumen de dicha revisión, junto a las principales aportaciones realizadas hasta la fecha de la presente investigación, quedan recogidos en cada uno de los aparatos cuando se desarrolla las características del balanceo en barra fija (Tabla 1.19), anillas (Tabla 1.20), paralelas (Tabla 1.21) y caballo con arcos (Tabla 1.22), y la fase de recepción en los aparatos de suelo (Tabla 1.23) y plataforma de saltos (Tabla 1.24). Finalmente, se recoge a modo de miscelánea aquellas aportaciones biomecánicas no relacionadas directamente con el estudio de la técnica sobre los aparatos pero que han aportado conocimiento en la determinación de ciertos factores que condicionan el rendimiento en GAM (Tabla 1.18).

Tabla 1.18. Aportaciones biomecánicas al estudio del rendimiento en GAM.

Factores	Componentes analizados	Referencias
Lesiones (caballo con arcos)		Mandelbaum et al., 1989 DiFiori et al., 2002a, 2002b Markolf et al., 1990
Fases aéreas acrobáticas	Aspectos lesionales que derivan de determinadas acciones gimnásticas. Principios biomecánicos en las fases aéreas acrobáticas. Entrenamiento del sistema vestibular. Mecanismos de equilibrio en la vertical. Sistemas de organización mental en función de parámetros biomecánicos...	Yeadon, 1990a, 1990b, 1990c Yeadon et al., 1990b
Lesiones (anillas)		Breunen et al., 1991
Lesiones (anillas y paralelas)		Caraffa et al., 1996
Lesiones (suelo)		Davidson et al., 2005
Sistema vestibular		Naundorf & Krug, 2000
Equilibrio de la vertical		Kerwin & Trewartha, 2001
Organización mental		Schack, 2003

El proceso de aprendizaje técnico en GAM debe contemplar la interacción de una serie de factores que condicionarán las posibilidades de un gimnasta a la hora de aspirar a alcanzar altos logros deportivos (Thomas et al., 1997):

a. Amplitud de movimiento:

El gimnasta, si no quiere ser penalizado según el CP-FIG, debe manifestar en sus ejecuciones técnicas la máxima amplitud de movimiento posible (Figura 1.10). Capacidades físicas como la fuerza máxima relativa, la resistencia para mantener elevados valores de ésta, y la flexibilidad, son protagonistas en la necesaria sinergia multifactorial que acontece a dicha manifestación (Prevost, 2001, 2002).



Figura 1.10. Ejecución, con la máxima amplitud, de un apoyo facial horizontal con piernas abiertas, comúnmente denominado "Infernal".

b. Gestión del riesgo:

Los factores emocionales, como por ejemplo el miedo, condicionan de forma determinante al aprendizaje en GAM (Mahoney & Avenir, 1977; Massimo, 1978; Kolt & Kirkby, 1994; Shiraishi, 1999; Cartoni et al., 2003). Sin duda, el mayor o menor riesgo que suponen la gran mayoría de elementos gimnásticos, está presente en todas las etapas de formación de los gimnastas. Aunque las ayudas, manipulaciones, progresiones técnicas y el propio material metodológico, contribuyen a minimizarlo, éste siempre subyace de forma implícita en la realidad del proceso de entrenamiento gimnástico (Shiraishi, 1999). Superarlo será el principio básico para optimizar cualquier tipo de aprendizaje gimnástico (Kolt & Kirkby, 1994).

c. Corrección en la ejecución técnica:

Las faltas por una incorrecta ejecución están tipificadas en el CP-FIG, en su versión válida para el 2005, como siguen: a) faltas pequeñas (-0,1 puntos); b) faltas medias (-0,2 puntos); faltas graves (-0,3 puntos); caídas (-0,5 puntos). En su versión actualizada a fecha de publicación de la presente investigación, se demuestra la preocupación de la FIG por sancionar, cada vez más, este tipo de faltas (CP-FIG, 2009): a) faltas pequeñas (-0,1 puntos); b) faltas medias (-0,3 puntos); faltas graves (-0,5 puntos); caídas (-1,0 punto). Factores como la posición del cuerpo, la corrección de brazos y piernas, los ángulos articulares en determinados elementos técnicos, etc., deben ser los correctos si los gimnastas desean aspirar a las máximas puntuaciones. El CP-FIG es un

instrumento normativo, no metodológico (no se dispone de postulados sobre la representación interna de la técnica de los diferentes elementos gimnásticos) que basándose en criterios arbitrarios y estandarizados internacionalmente establece las pautas generales de lo que se supone una correcta ejecución técnica de los elementos gimnásticos. En este sentido, y tal como señalan varios autores (Gutewort & Sust, 1989; Thorhauer & Kempe, 1993) aunque el "ideal técnico" generalmente es abstracto y complejo (en GAM, lo delimita el propio CP-FIG), el proceso de entrenamiento para alcanzarlo es necesariamente individual, ajustándose a patrones concretos en función de las características de cada deportista. No existe una resolución óptima de una determinada tarea motriz, sino únicamente resoluciones individualmente óptimas (Gutewort & Sust, 1989). Tanto entrenador como deportista disponen de un elevado margen deductivo para la consecución del elemento técnico ideal (Ballreich, 1981). En GAM éste es un hecho constatable, tal y como se refleja en la Figura 1.11.

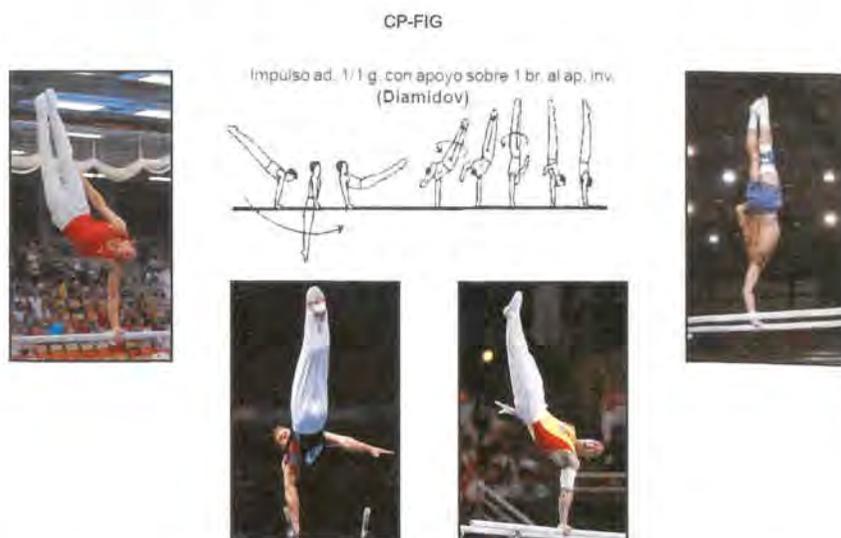


Figura 1.11. Elemento técnico denominado "Diamidov" (descrito en el CP-FIG), ejecutado de forma diferenciada por cada gimnasta.

d. Complejidad de los elementos técnicos y las combinaciones:

La complejidad de las rutinas competitivas en GAM viene determinada por el número y grado de dificultad de sus "elementos técnicos" y sus respectivas "combinaciones". El CP-FIG asigna un valor de dificultad para cada elemento técnico, bonificando con décimas de punto las combinaciones más complejas (cada aparato posee unas reglas específicas al respecto). El CP-FIG, en su versión válida para el año 2005, asignaba un valor teórico de "A" (0,1 puntos) a los elementos más sencillos, de "B" (0,2 puntos) a los inmediatamente siguientes, y así (valor "C": 0,3 puntos; valor "D": 0,4 puntos; valor "E": 0,5 puntos...) hasta llegar al máximo valor de "Súper E" (0,6 puntos) para aquellos elementos de dificultad extrema. La GAM es una especialidad deportiva

de habilidades cerradas y entorno previsible (los seis aparatos competitivos), y tal y como se ha señalado, la mayoría de acciones técnicas que realizan los gimnastas están enlazadas las unas con las otras, resultando difícil para el no iniciado discriminar cuando finaliza una y se inicia otra (Figura 1.12). Desde la perspectiva competitiva de la GAM que aborda la presente investigación, el CP-FIG es, de nuevo, el instrumento normativo que delimita o discrimina cada uno de los "elementos técnicos" de los que se compone la totalidad de acciones gimnásticas posibles. Éstas pueden ser cíclicas y/o acíclicas, y deben ser combinadas siguiendo los criterios de amplitud, virtuosismo y precisión (Sáez, 2003). A partir del marco conceptual y terminológico de la escuela pedagógica francesa (Carrasco, 1976; Leguet, 1985), podríamos definir el concepto de "elemento técnico o gimnástico" como aquél "gesto externo que se configura a partir de la combinación de una serie de esquemas de acción". Entendiendo el concepto de "esquema de acción" como el "gesto interno o más elemental de un elemento gimnástico que en combinación con otros, configura su forma externa". En definitiva, los esquemas de acción no vendrían más que a reflejar las acciones musculares más esenciales para la realización del elemento gimnástico.



Figura 1.12. La complejidad de un "Kovacs" (mortal y $\frac{1}{2}$ atrás) se ve incrementada al enlazarlo con un "Gienger" (mortal atrás con $\frac{1}{2}$ giro).

Abaurrea (2000) lo define como "movimiento unitario caracterizado por una acción motora determinada y compuesta de tres fases diferenciadas: preparatoria, principal y final". Señala la fase principal de la acción motora como la fase determinante a la hora de valorar el nivel de dificultad de todo elemento gimnástico. No obstante, advierte sobre la importancia de no menospreciar ni la fase preparatoria (determina en gran medida las probabilidades de éxito de la fase de acción) ni la final (resultado último del grado de perfección de las anteriores fases).

Más allá de la adquisición de una u otra definición sobre el concepto de "elemento gimnástico", resulta fundamental reconocer un hecho que parece ser específico a la gimnasia artística (Leguet, 1985): la producción motriz alrededor de las familias gimnásticas (Figura 1.13). Efectivamente, cada tipo de acción motriz o familia gimnástica (saltar, desplazarse bipédicamente, balancearse en la suspensión, girar sobre un mismo, etc.) presenta un gran número de variantes que pueden modificarse en función de (Leguet, 1985): a) la forma particular de cada aparato: "hacer movimientos circulares con piernas abiertas" sobre el caballo con arcos, presenta particularidades diferentes a efectuar lo propio en el aparato del suelo (Figura 1.14); b) el sentido

de la acción: un ejercicio procedente de un "balanceo" hacia delante en las paralelas es diferente a otro procedente de un "balanceo" hacia atrás; c) la postura del sujeto: pasar por una "suspensión semiinvertida" ejecutando un elemento con piernas juntas no posee las mismas características que hacerlo con piernas abiertas apoyando, además, las plantas de los pies sobre el aparato.



Figura 1.13. Mapa de acciones motrices básicas (Leguet, 1985).

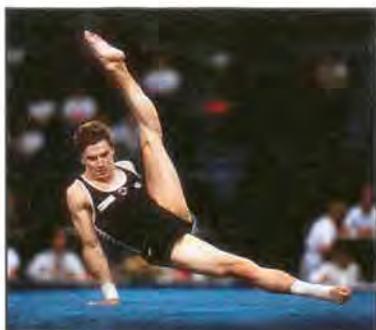


Figura 1.14. Familia gimnástica de "hacer movimientos circulares" realizada en diferentes aparatos (Leguet, 1985).

Finalmente, y tal y como se ha argumentado en líneas precedentes, todavía hoy no se ha logrado establecer qué modelos de ejecución técnica suponen la "ejecución perfecta", siendo ésta precisamente la que filosóficamente pretende discriminar el CP-FIG. El mismo calificativo que acontece a esta especialidad (gimnasia "artística" masculina), más allá de otras justificaciones, delimita y limita dicho objeto de estudio.

Efectivamente, ni el CP-FIG es suficientemente "sensible" como para discriminar la diferencia cualitativa entre dos ejecuciones, ni puede justificarse bajo criterios puramente biomecánicos que una de las dos sea más "bella" que la otra. De hecho, ni siquiera desde los conceptos de "eficiencia y eficacia" puede justificarse que una ejecución gimnástica sea más "perfecta" que la otra. Y es que la perfección "artística" conlleva, en mayor o menor medida, el necesario establecimiento de criterios subjetivos, estandarizados y susceptibles de ser modificados a lo largo del tiempo (Sands, 1999).

Bajo esta perspectiva no es de extrañar que el marco teórico de cada uno de los elementos técnicos analizados en gimnasia artística requieran del establecimiento de un modelo técnico subjetivo, justificado, defendido y ajustado a los siguientes criterios: a) las normas de puntuación que delimita el CP-FIG; b) la aportación científica del área biomecánica en cuanto a la existencia de determinadas acciones técnicas que optimizan el rendimiento de ciertos elementos técnicos; c) el criterio técnico de entrenadores con una contrastada experiencia y éxitos competitivos. Así, el marco teórico descrito a continuación y que expone lo que se supone la ejecución técnica ideal de un balanceo (barra fija, anillas, paralelas, caballo con arcos) y de la acción técnica de recepcionar, se ha establecido en base a los tres citados criterios.

1.2.3.1 EL BALANCEO

Se consideran balanceos a los movimientos, de carácter pendular, que se realizan con el cuerpo fijado a un aparato gimnástico, ya sean desde el apoyo o en suspensión (Sáez, 2003; Sáez & Gutiérrez-Sánchez, 2007a, 2007b). Los balanceos ejecutados sobre el apoyo de manos poseen su eje rotacional en los hombros y el centro de gravedad (CDG) pasa cerca de las manos.

Existen tres tipos de balanceos en apoyo, según el plano donde se ejecuten (Sáez, 2003; Sáez & Gutiérrez-Sánchez, 2007a, 2007b): a) plano sagital (balanceos adelante y atrás, por ejemplo, en el aparato de las paralelas); b) plano frontal (balanceos derecha e izquierda, por ejemplo, en las tijeras de caballo con arcos); c) plano horizontal (balanceos circulares, por ejemplo, en los molinos de caballo con arcos).

Los balanceos en suspensión poseen su eje rotacional en la presa de manos y el CDG se sitúa por debajo de dicha zona de agarre. Éstos pueden ser, según su sentido: hacia adelante y hacia atrás, y según la distancia del CDG al centro de rotación: cercanos o alejados (Sáez, 2003; Sáez & Gutiérrez-Sánchez, 2007a, 2007b).

Cuando un balanceo llega o sobrepasa la vertical invertida, es decir, se realiza un ciclo completo o más (360°), pasan a denominarse volteos o, como en el caso de los balanceos en

suspensión, molinos (Sáez, 2003; Sáez & Gutiérrez-Sánchez, 2007a, 2007b). El balanceo está considerado como un movimiento esencial en la gimnasia que da lugar a multitud de elementos y dificultades complejas (Leguet, 1985). De todas las familias gimnásticas, aquellas que conllevan la acción motriz de balancearse representan la expresión básica de la pericia técnica de un gimnasta (Leguet, 1985). En los balanceos, el grado de distorsión coordinativa que en todo elemento gimnástico genera la condición física, existiendo, queda minimizado (Figura 1.15).

Cuando un científico o entrenador se plantee analizar, desde una perspectiva general, el nivel técnico y/o coordinativo de un grupo de gimnastas, los balanceos serán los elementos gimnásticos que mejor se ajusten a dicha manifestación (Frederick, 1977).

El presente estudio aborda el análisis de la habilidad técnica en GAM desde dicha perspectiva general, contemplándola como un factor más de rendimiento gimnástico. Tal y como se justificará en apartados posteriores (apartado 3.2.2.5.1), se analizarán los balanceos en los aparatos de caballo con arcos, anillas, paralelas y barra fija. En el resto de aparatos (suelo y plataforma de saltos), no existiendo los balanceos, se propondrá un test de recepción para valorar dicha habilidad técnica (apartado 3.2.2.5.2). Obsérvese que la posible interacción de los componentes de condición física en este test quedarán, de nuevo, minimizados.

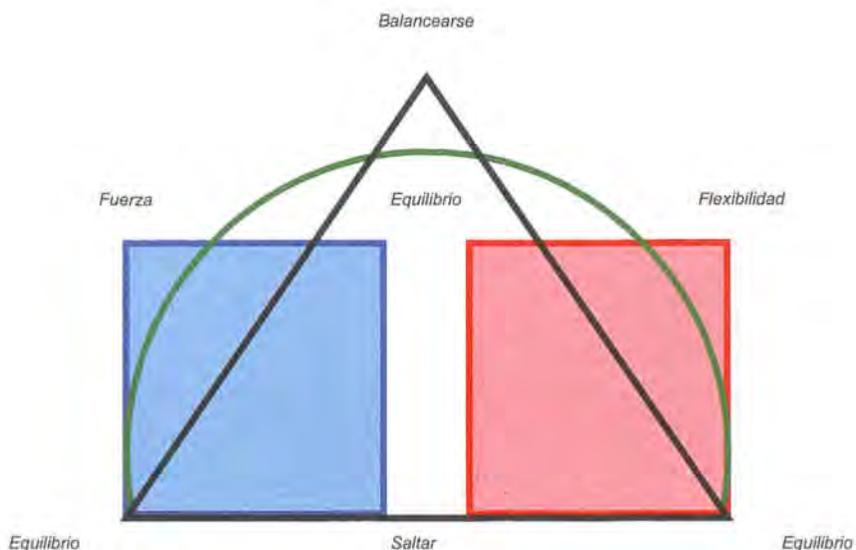


Figura 1.15. Los cinco factores esenciales en gimnasia artística para la consecución de los diferentes elementos técnicos (Frederick, 1977).

En general, el aprendizaje y el dominio del balanceo ocupan gran parte de la carrera deportiva de un gimnasta. Desde sus acciones técnicas básicas, hasta la consolidación de grandes dificultades

acrobáticas que se ejecutan desde balanceo (caballo con arcos, anillas, paralelas, barra fija), el gimnasta lo posee siempre como un objetivo de entrenamiento esencial.

El entrenamiento del joven gimnasta con objetivos de alcanzar la élite deportiva exige, entre otras aptitudes, constancia. Expresada en muchos casos como la capacidad de repetir un elemento técnico un determinado número de veces, ésta guarda una relación inversamente proporcional con la necesaria diversión y motivación de los gimnastas en sus primeras etapas de formación. El balanceo no escapa a esta consideración. Ahora bien, una vez los gimnastas asumen técnicamente esta habilidad gimnástica, su capacidad para aprender nuevos elementos técnicos aumenta exponencialmente. Por el contrario, si un gimnasta en sus primeras etapas de formación no logra consolidar la técnica básica del balanceo, sus posibilidades gimnásticas se verán seriamente comprometidas. Un claro ejemplo lo tenemos en el caballo con arcos y el necesario dominio de los molinos como elementos clave para lograr el éxito competitivo (Figura 1.16).



Figura 1.16. Máxima amplitud ($\geq 180^\circ$ ángulo de cintura, $\geq 45^\circ$ ángulo de hombros) mantenida tanto en los "molinos rusos" (imagen izquierda) como en los molinos americanos (imagen derecha).

Pese a que el concepto de "balanceo ideal" ha evolucionado a lo largo del tiempo debido en gran parte a la propia evolución del CP-FIG, del material gimnástico, y de los aparatos competitivos, hoy en día existe un consenso general sobre cuáles son las características técnicas básicas de un balanceo moderno. Claro está, con salvedades específicas para cada aparato donde se realiza. Desde hace ya varias décadas en el colectivo gimnástico se asume que *"quien sabe volar (balancearse), sabe hacer buena gimnasia"* (Frederick, 1977). Un gimnasta debe ejecutar balanceos en barra fija y anillas (balanceos en suspensión), paralelas (balanceos en suspensión y en apoyo) y en caballo con arcos (balanceos circulares), y por eso incidiremos en lo que se supone es una correcta ejecución del balanceo.

Barra fija:

La aportación de la literatura al conocimiento de la técnica de molino en barra fija y de los elementos técnicos derivados de éstos (sueitas y salidas, principalmente), es la mayor de todas las referidas a cualquier técnica de balanceo (Tabla 1.19).

Tabla 1.19. Aportaciones al estudio biomecánico de ciertos elementos técnicos en barra fija.

Elementos técnicos	Componentes analizados	Referencias
Kippe (1 pierna sin impulso)		Kamon & Gormely, 1968
Kippe		Reid & Kopp, 1983
		Brüggemann, 2000
		Natta & Nouillot, 1999
Principios biomecánicos generales		Arampatzis & Brüggemann, 1998
		Brüggemann et al., 1994
		Zinkovsky et al., 1976
		Busquets, 2010
		Hiley & Yeadon, 2008
		Irwin & Kerwin, 2007a
		Irwin & Kerwin, 2007b
		Irwin & Kerwin, 2005
		Yeadon & Hiley, 2000
		Zhu, 2000
		Arampatzis & Brüggemann, 1999
		Hiley et al., 1999
		Peccolo, 1997
		Natta, 1996
Técnica de balanceo (molinos)	Ángulos articulares, momentos angulares, energía cinética, fuerzas de reacción entre el cuerpo y la barra fija, actividad electromiográfica, trayectorias del centro de masas, posiciones corporales globales y/o segmentarias, requerimientos técnicos previos a la realización del molino, mecanismos de recepción, tiempos de "patada" en función de las exigencias técnicas de determinados elementos, aprendizaje y control motor...	Neal et al., 1995
		Okamoto et al., 1989
		Gajdos & Gohler, 1987
		Prassas & Kelley, 1985
		Cheetham, 1984
		Kopp & Reid, 1980
		Yamashita et al., 1979
		Boone, 1977b
		Park & Prassas, 1995
Tiempos de salidas		Takei et al., 1992
		Kerwin et al., 1990
Salidas (técnica de giro)		Yeadon et al., 1990a
		Yeadon, 1997b
Doble agrupado		Takei & Dunn, 1997
Doble extendido		Hiley & Yeadon, 2003
		Yeadon & Hiley, 2002
Triple agrupado		Hiley & Yeadon, 2005a
Tiempos de sueltas		Gervais & Tally, 1993
		Hiley et al., 2007
		Holvoet, 2002
Tkatchev		Arampatzis & Brüggemann, 2001
		Prassas, 1990
		Mazorila, 1978
Gaylord II		Prassas & Terauds, 1986
Stadler		Begon et al., 2008

Los balanceos en barra fija representan gran parte del proceso de aprendizaje durante las primeras etapas de entrenamiento. En parte debido a la relativa relevancia de la condición física a la hora de ejecutarlos, los vuelos en barra fija son los primeros balanceos en suspensión que logra dominar un gimnasta, incluso a edades muy tempranas (Irwin & Kerwin, 2005, 2007a, Busquets, 2010; Busquets et al., *in press*).

El molino es un balanceo con giro completo de 360° sobre el plano anteroposterior alrededor de un eje externo (en este caso la barra, pero también es aplicable a las anillas o a las paralelas). Para la descripción de sus fases, generalmente existe el consenso de marcar su inicio desde el apoyo invertido en vertical y su finalización cuando se retorna de nuevo al mismo. Esto, sin embargo, no significa que un gimnasta aprenda la técnica de molino desde la vertical, sino más bien todo lo contrario. Efectivamente, un gimnasta inicia el aprendizaje de los molinos balanceándose a partir de la suspensión estática en presa dorsal.

Aunque en la barra fija los balanceos y los molinos son protagonistas absolutos (García-Fojeda et al., 1999), en anillas y paralelas también se considera a los molinos como elementos técnicos fundamentales.

No existe ningún elemento técnico en barra fija que no derive en mayor o menor proporción de los molinos. Su dominio y control sirve de soporte ineludible para realizar todos los demás elementos (Arampatzis & Brügemann, 2001; Pidcoe, 2005): giros alrededor de los ejes longitudinales, cambios de presa, elementos cercanos a la barra, sueltas, salidas, etc.

Se puede decir que cada elemento ejecutado en barra fija posee su correspondiente técnica de molino (Figura 1.17). Esta especificidad, sin embargo, no niega la existencia de una técnica de molino básica (hacia delante y hacia atrás), que es la que primero se enseña a los gimnastas (Busquets 2010; Busquets et al., *in press*) y que es la que se utilizará como objeto de estudio en la presente investigación (Figura 1.18 y Figura 1.20).

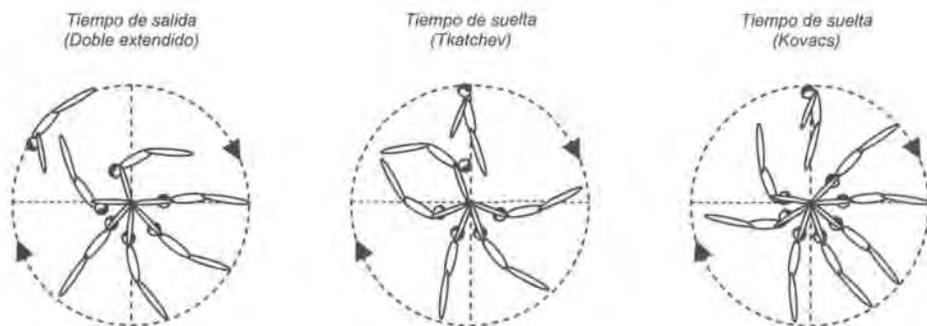


Figura 1.17. Diferentes tiempos de molino en barra fija en función de varios elementos técnicos posteriores.

Las fases básicas del balanceo completo hacia delante o molino básico en presa dorsal (Figura 1.18), se citan a continuación:

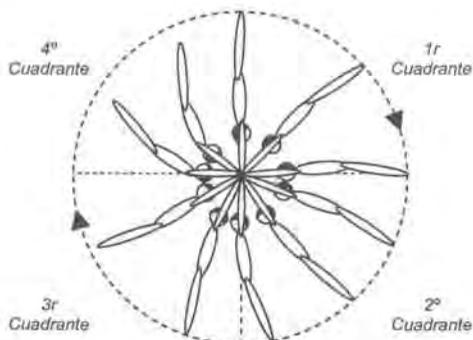


Figura 1.18. Tiempo de molino básico hacia delante (presa dorsal), de dominio y control obligatorio durante las primeras fases de aprendizaje en GAM.

1^o Cuadrante: desde el apoyo invertido en vertical se inicia el descenso empujando la barra con la intención de querer abarcar la máxima distancia posible. El cuerpo mantiene el bloqueo tónico postural durante todo el cuadrante: 180° de ángulo de hombros y valores semejantes o ligeramente inferiores del ángulo de cintura). La cabeza se sitúa en posición neutra con la mirada dirigida hacia la barra fija.

2^o Cuadrante: se mantiene la misma posición prácticamente hasta llegar a la mitad del recorrido de este cuadrante (coincide con la línea de cables que actúan a modo de tensores del aparato). En ese momento se inicia la fase denominada comúnmente como "relajación" que consiste en abrir ligera y progresivamente el ángulo de hombros y de cintura ($>180^\circ$; las puntas se retrasan ligeramente en relación al resto del cuerpo). Con el objetivo de que la transmisión de fuerzas resultantes sea efectiva, es decir, que la "acción de relajación" favorezca posteriormente la "acción de patada" es fundamental realizarla con todo el cuerpo en tensión. La cabeza se sitúa en posición neutra con la mirada dirigida hacia la superficie del suelo.

3^o Cuadrante: la acción de "relajación" llega a su máxima expresión al principio de este cuadrante, es decir, cuando se alcanzan los mayores grados de abertura de los ángulos de hombros y cintura. A partir de aquí, debe mantenerse la fase de relajación hasta la mitad del recorrido de este cuadrante (coincide con la línea de cables que actúan a modo de tensores del aparato). En ese momento se inicia la fase denominada comúnmente como "patada" que consiste en cerrar progresivamente el ángulo de hombros y el de cadera (las puntas se adelantan ligeramente en relación al resto del cuerpo y éste se aproxima al eje rotacional, en este caso, la barra fija). La cabeza se sitúa en posición neutra con la mirada dirigida hacia el propio cuerpo. Con el objetivo de que la transmisión de fuerzas resulte efectiva, es decir, que la "acción de patada" favorezca posteriormente la "reacción de elevarse hasta la vertical", es fundamental realizarla con todo el

cuerpo en tensión, minimizando la flexión de cintura (Sáez, 2003). La correcta ejecución de esta acción será determinante en el aprendizaje de multitud de elementos técnicos que parten desde balanceo (Figura 1.19).

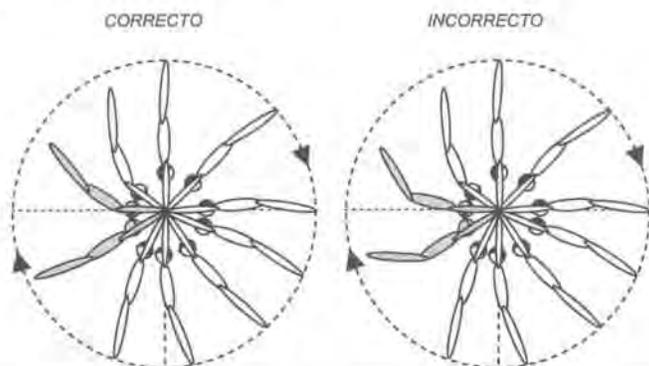


Figura 1.19. La acción de patada, realizada durante el 3r cuadrante, es ejecutada de forma correcta (figura izquierda en sombreado gris: la patada se produce con todo el cuerpo en tensión, elevando de esta forma el centro de masas) o incorrecta (figura derecha en sombreado gris: la patada se produce con las puntas, que se elevan, pero el centro de masas no hace lo propio).

4º Cuadrante: el cuerpo mantiene la posición de bloqueo (minimizando la flexión de cintura). El ángulo de hombros se abre progresivamente hasta llegar, de nuevo, a la vertical (180°). Si las acciones realizadas en los anteriores cuadrantes han sido correctas, el gimnasta, en este último, asumirá un rol prácticamente pasivo, limitándose a dejarse elevar manteniendo la posición del cuerpo. La cabeza mantiene la posición neutra desplazando la focalización visual desde el propio cuerpo (inicio del cuadrante), hasta la barra fija (final del cuadrante, cuando el gimnasta retorna a la vertical).

Las fases básicas del balanceo completo hacia atrás o molino básico en presa palmar (Figura 1.20), se citan a continuación:

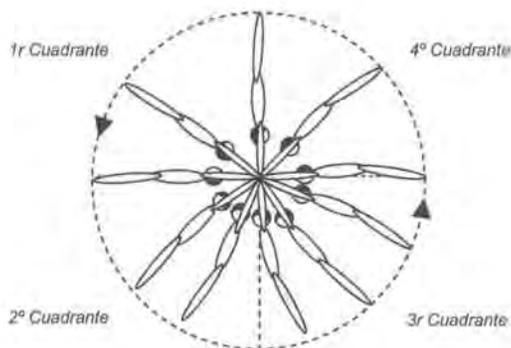


Figura 1.20. Tiempo de molino básico hacia atrás (presa palmar), de dominio y control obligatorio durante las primeras fases de aprendizaje en GAM.

1r Cuadrante: desde el apoyo invertido en vertical se inicia el descenso empujando la barra con la intención de alejar el centro de masas lo máximo posible de la barra. Los talones marcan el inicio del descenso, adelantándose ligeramente en relación al descenso de los hombros (ligera curvatura lumbar). El cuerpo mantiene el bloqueo tónico postural durante todo el cuadrante (ángulo de hombros =180°; ángulo de cintura \geq 180°). La cabeza se sitúa ligeramente inclinada hacia arriba con la mirada dirigida hacia la barra fija.

2º Cuadrante: se mantiene la misma posición prácticamente hasta llegar a la mitad del recorrido de este cuadrante (coincide con la línea de cables que actúan a modo de tensores del aparato). En ese momento se inicia la siguiente fase por la cual el ángulo de cintura se cierra ligeramente mientras los hombros lo mantienen (180°). Así, los talones se retrasan ligeramente en relación al resto del cuerpo para, posteriormente (justo al finalizar el segundo cuadrante), iniciar la fase comúnmente denominada como "talonamiento". Con el objetivo de que la transmisión de fuerzas resulte efectiva, es decir, que la "acción de talonamiento" favorezca posteriormente la elevación del cuerpo, es fundamental realizarla con todo el cuerpo en tensión. La cabeza se sitúa progresivamente en posición neutra mirando hacia el eje corporal.

3r Cuadrante: la acción de "talonamiento" continúa hasta la mitad del recorrido de este cuadrante (coincide con la línea de cables que actúan a modo de tensores del aparato). A partir de ese momento el cuerpo deberá ir retornando la posición de inicio, es decir, a formar una línea de 180° entre extremidades superiores, tronco, y extremidades inferiores.

4º Cuadrante: el cuerpo mantiene la posición de bloqueo, minimizando la anticipación de los hombros en relación al resto del cuerpo (Figura 1.21), hasta llegar a la vertical (180°). Tal y como sucedía en los molinos adelante, si las acciones realizadas en los anteriores cuadrantes han sido correctas, en este último cuadrante el gimnasta asumirá un rol prácticamente pasivo, limitándose a dejarse elevar manteniendo la posición del cuerpo. La cabeza mantiene la posición neutra desplazando la focalización visual desde la superficie del suelo (inicio del cuadrante), hasta la barra fija (final del cuadrante, cuando el gimnasta retorna a la vertical).

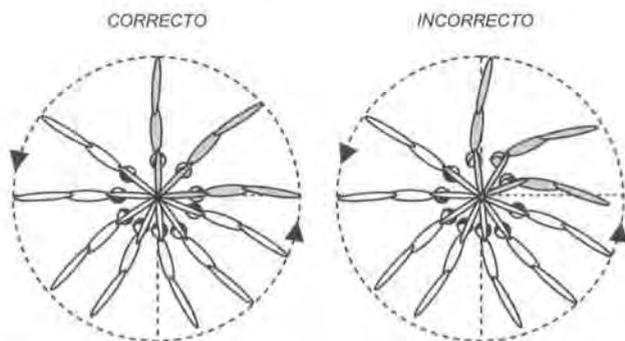


Figura 1.21. El cuerpo mantiene correctamente la posición de bloqueo, formando un línea de 180° (figura izquierda en sombreado gris) durante el 4º cuadrante. En la figura derecha se muestra el caso contrario: la linealidad de los segmentos corporales se rompe debido al adelantamiento de los hombros.

Anillas:

La literatura científica ha basado el estudio de este aparato en el análisis de las características de los balanceos (Sale & Judd, 1974; Chapman & Borchardt, 1977; Brüggemann, 1987; Cheetham et al., 1987; Cheetham & Mizoguchi, 1987; Nissinen, 1995; Sprigings et al., 1998; Brewin & Kerwin, 1999; Brewin et al., 2000; Sprigings et al., 2000; Brewin & Kerwin, 2003; Yeadon & Brewin, 2003; Serafin et al., 2008), de elementos derivados de éstos como las salidas (Yeadon, 1994) o el "O'Neill" (Geiblinger et al., 1995c), o bien de determinados elementos de fuerza como el "Cristo" (Hesson, 1985; Bernasconi & Nicolas, 2001; Bernasconi et al., 2002, 2004; Dunlavy et al., 2007), el "Azarian" (Bernasconi et al., 2006), la "Mariposa" (Sands et al., 2006a), o el "Cristo Invertido" (Sands & McNeal, 2006). En la Tabla 1.20 se muestra un resumen de dichas aportaciones.

Tabla 1.20. Aportaciones al estudio biomecánico de ciertos elementos técnicos en anillas.

Elementos técnicos	Componentes analizados	Referencias
		Sale & Judd, 1974
		Chapman & Borchardt, 1977
		Brüggemann, 1987
		Cheetham et al., 1987
		Cheetham & Mizoguchi, 1987
		Nissinen, 1995
Técnica de balanceo (molinos)		Sprigings et al., 1998
		Brewin & Kerwin, 1999
		Brewin et al., 2000
		Sprigings et al., 2000
		Brewin & Kerwin, 2003
		Yeadon & Brewin, 2003
		Serafin et al., 2008
Salidas (técnica de giro)		Yeadon, 1994
O'Neill		Geiblinger et al., 1995c
		Hesson, 1985
		Bernasconi & Nicolas, 2001
Cristo		Bernasconi et al., 2002
		Bernasconi et al., 2004
		Dunlavy et al., 2007
Azarian		Bernasconi et al., 2006
Mariposa		Sands et al., 2006a
Cristo invertido		Sands & McNeal, 2006

En relación a los balanceos pendulares (anillas, paralelas, barra fija) el momento protagonista de la acción se produce cuando el gimnasta sitúa su centro de masas en el punto más bajo posible, llegando a alcanzar con su cuerpo, una línea cercana a la perpendicular en relación con la superficie del suelo (Prassas et al., 2006). En función de la dirección del balanceo (adelante o atrás), el gimnasta debe gestionar este momento de forma diferenciada. Pese a la existencia de unos principios técnicos comunes en los tres aparatos, las características estructurales de cada

uno de éstos (apartado 1.1), hace que existan ciertas diferencias. Las anillas, por su condición de estar suspendidas en el aire, representan el medio más inestable donde el gimnasta ejecuta sus elementos técnicos, y donde la técnica de balanceo tiene mayor complejidad y requiere de mayor exigencia física.

Las principales características del balanceo en suspensión hacia adelante, son (Sale & Judd, 1974; Brewin & Kerwin, 2003):

a) la posición inicial se establece desde la suspensión (perpendicular a la línea del suelo) con un ángulo de cintura (tronco – extremidades inferiores) y de hombros (extremidades superiores – tronco) ligeramente superior a 180° (presa de manos en posición dorsal; la cabeza se mantiene en posición neutra o ligeramente inclinada hacia delante);

b) desde esta posición inicial, el gimnasta debe tener la intención de mantener el mayor tiempo posible, e inicia la acción de "patada" hacia delante y hacia arriba (Figura 1.22) con todo el cuerpo bloqueado e intentando respetar al máximo, un ángulo de cintura de 180° o ligeramente inferior (los brazos inician progresivamente la acción de supinar; la cabeza se mantiene en posición neutra o ligeramente inclinada hacia delante);

c) conforme el cuerpo se va elevando, el ángulo de hombros se va cerrando y todo el cuerpo se aproxima al eje que dibujan los cables de las anillas (presa de manos palmar; la cabeza se mantiene en posición neutra o ligeramente inclinada hacia delante);

d) una vez ocurrido esto, la patada continúa hasta la vertical, momento en el cual el ángulo de hombros deberá empezar a abrirse (los hombros inician su ascenso), apoyándose el gimnasta sobre las anillas, hasta llegar a los 180° que supone el apoyo invertido o vertical (presa de manos palmar hasta llegar a la vertical, que debe realizarse en ligera supinación; la cabeza se mantiene en posición neutra, con la mirada dirigida hacia las anillas y con la constante intención por parte del gimnasta de querer "esconder las orejas" entre sus hombros).

Las principales características del balanceo en suspensión hacia atrás, son (Springs et al., 1998; Brewin et al., 2000; Springs et al., 2000; Yeadon & Brewin, 2003):

a) la posición inicial se establece desde la suspensión (perpendicular a la línea del suelo) con un ángulo de cintura (tronco – extremidades inferiores) ligeramente inferior a 180° , y de hombros (extremidades superiores – tronco) de 180° (presa de manos en posición dorsal o ligeramente pronadas; la cabeza se mantiene en posición neutra o ligeramente inclinada hacia delante);

b) desde esta posición inicial, se inicia la acción de "talonamiento" hacia atrás y hacia arriba (Figura 1.22) con todo el cuerpo bloqueado e intentando respetar al máximo, un ángulo de cintura de 180° o ligeramente superior (los brazos pronan al máximo de las posibilidades del gimnasta; la cabeza se mantiene inclinada hacia delante);

c) conforme el cuerpo se va elevando y se acerca al eje dibujado por los cables de las anillas, los hombros deben permanecer en el punto más bajo que permita la flexibilidad del

gimnasta (presa de manos en máxima pronación, con las anillas separadas a la distancia mínima individual que permita a cada gimnasta no elevar los hombros; la cabeza se mantiene inclinada hacia delante);

d) una vez ocurrido esto, la patada continúa hasta la vertical, momento en el cual los hombros deberán empezar a ascender, apoyándose el gimnasta sobre las anillas (los brazos se van cerrando progresivamente), hasta llegar a los 180° que supone el apoyo invertido o vertical (la presa de manos en la vertical debe realizarse en ligera supinación; la cabeza se mantiene en posición neutra, con la mirada dirigida hacia las anillas y con la constante intención por parte del gimnasta de querer "esconder las orejas" entre sus hombros).

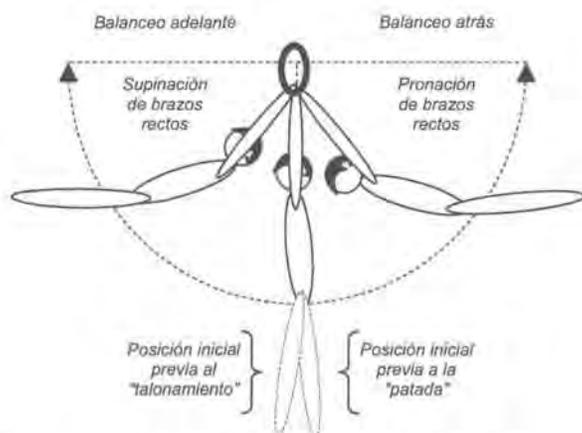


Figura 1.22. Acción técnica protagonista de transición, desde la suspensión hacia el balanceo adelante y hacia el balanceo atrás.

Una vez el gimnasta logra dominar el balanceo por la suspensión y posee cierto dominio de la vertical (apoyo invertido) en anillas, inicia una nueva etapa de aprendizaje. A partir de entonces, los balanceos se ejecutaran desde la posición de vertical hasta llegar de nuevo a ésta (molino), ya sea balanceándose hacia delante o hacia atrás (Figura 1.23). La técnica de bajada de la vertical, en uno u otro sentido, habrá sido asimilada en las etapas previas de aprendizaje de balanceo por la suspensión.

Las principales características de la bajada hacia delante, son (Sale & Judd, 1974; Brewin & Kerwin, 2003):

a) la posición inicial se establece desde la vertical (todo el cuerpo forma una línea de 180°; brazos rectos y paralelos en ligera supinación);

b) manteniendo esta posición, el gimnasta inicia el descenso teniendo la constante intención de empujar las anillas hacia delante (los brazos se mantienen rectos y paralelos, en ligera supinación; la cabeza, en posición neutra);

c) entorno a los 45° (ángulo formado entre la línea del cuerpo y la línea imaginaria de la superficie del suelo), el gimnasta abre progresivamente las anillas, descendiendo los hombros y

manteniendo el ángulo de cintura entorno a los 180° (los brazos continúan empujando hacia delante, en ligera pronación y con todo el cuerpo bloqueado; la cabeza, en posición neutra);

d) esta posición se mantendrá (los brazos se juntarán progresivamente) hasta llegar a la posición de inicio de balanceo desde la suspensión hacia delante (ángulo de cintura y de hombros ligeramente superior a 180° ; presa de manos en posición dorsal; la cabeza, en posición neutra o ligeramente inclinada hacia delante).

Las principales características de la bajada hacia atrás, son (Sprigings et al., 1998; Brewin et al., 2000; Sprigings et al., 2000; Yeadon & Brewin, 2003):

a) la posición inicial se establece desde la vertical (todo el cuerpo forma una línea de 180° ; brazos rectos y paralelos en ligera supinación);

b) manteniendo esta posición, el gimnasta inicia el descenso teniendo la constante intención de no dejar que los hombros "se descuelguen" hacia abajo (los brazos se mantienen rectos y paralelos, en supinación; la cabeza, en posición neutra);

c) entorno a los 45° (ángulo formado entre la línea del cuerpo y la línea imaginaria de la superficie del suelo), el gimnasta abre progresivamente las anillas, descendiendo ligeramente los hombros y manteniendo el ángulo de cintura entorno a los 180° (los brazos continúan empujando hacia abajo y hacia atrás, en presa palmar y con todo el cuerpo bloqueado; la cabeza, en posición neutra);

d) esta posición se mantendrá (los brazos progresivamente se juntarán e irán pronando) hasta llegar a la posición de inicio de balanceo desde la suspensión hacia atrás (ángulo de cintura ligeramente inferior a 180° y de hombros de 180° ; presa de manos en posición dorsal o ligeramente pronadas; la cabeza, en posición neutra o ligeramente inclinada hacia delante).

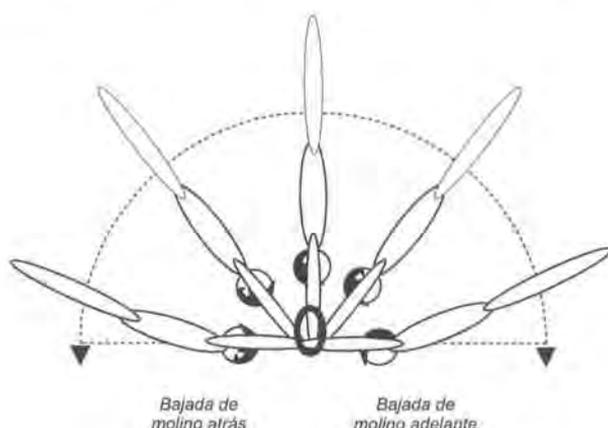


Figura 1.23. Inicio del molino desde la vertical, ya sea desde la bajada hacia adelante o hacia atrás.

Paralelas:

En este aparato, tal y como recoge el CP-FIG a la hora de establecer sus grupos de estructura (apartado 1.1), el gimnasta puede realizar tres tipos de balanceos en función del tipo de apoyo ejecutado: a) balanceos desde el apoyo de manos; b) balanceos desde la posición braquial; c) balanceos desde la suspensión de manos.

En la presente investigación se analizará únicamente la primera opción: el balanceo desde el apoyo de manos. La justificación radica en que los balanceos en posición braquial requieren de un alto grado de condición física por parte de los gimnastas, en especial de los más jóvenes. Esto condiciona, tal y como se ha justificado en apartados anteriores (apartado 1.2.3.1), la valoración aislada del componente coordinativo que toda habilidad técnica posee. Por su parte los vuelos en suspensión, descartando la diferenciación en la presa de manos, poseen características técnicas semejantes a los balanceos en barra fija, posteriormente desarrollados (Prassas et al., 2006).

La literatura científica ha basado el estudio de este aparato en el análisis de las características de determinados elementos técnicos, ya sea de aquellos que derivan de los balanceos desde el apoyo de manos como el "doble mortal agrupado de salida" (Gervais & Dunn, 2003; Manoni & De Leva, 1993a), los "mortales adelante" (Manoni & De Leva, 1993b) o el "superior" (Kolar et al., 2002; Prassas, 1996), o bien de aquellos elementos que provienen de los balanceos desde la suspensión como el "molino diamidov" (Liu & Liu, 1989), el "moy" (Gervais et al., 2008), el "inferior a vertical" (Boone, 1977a; Takei et al., 1995; Takei & Dunn, 1996). Otras aportaciones quedan recogidas, además, en la Tabla 1.21.

Tabla 1.21. Aportaciones al estudio biomecánico de ciertos elementos técnicos en paralelas.

Elementos técnicos	Componentes analizados	Referencias
Moy		Gervais et al., 2008
Principios biomecánicos generales		Brüggemann, 1994 Linge et al., 2006
Balanceos en apoyo		Prassas & Papadopoulos, 1998
Salida (doble mortal agrupado)		Gervais & Dunn, 2003 Manoni & De Leva, 1993a
Mortales adelante	Características de los balanceos y de algunos elementos de vuelo que derivan de éstos (fuerzas de reacción entre el cuerpo y el aparato, posiciones corporales globales y/o segmentarias, técnicas de rotación, momentos angulares y/o lineales...).	Manoni & De Leva, 1993b
Superior		Kolar et al., 2002 Prassas, 1996
Inferior a vertical		Boone, 1977a Takei et al., 1995 Takei & Dunn, 1996
Molino Diamidov		Hilley et al., 2009 Liu & Liu, 1989 Prassas et al., 1986
Olimpico		Prassas, 1988 Prassas, 1991

El balanceo desde el apoyo de manos en paralelas, junto con los balanceos desde la suspensión y el grupo de "dominaciones adelante volteando atrás" o "Inferiores" conforman los elementos básicos desde donde se ejecutan gran parte de las dificultades de este aparato (CP-FIG, 2010). Los jóvenes gimnastas, en sus primeras etapas de formación, deben aprender a ejecutarlo con las máximas garantías de perfección (Figura 1.24). Sus principales características técnicas, son (Federation Française de Gymnastique, 2006):

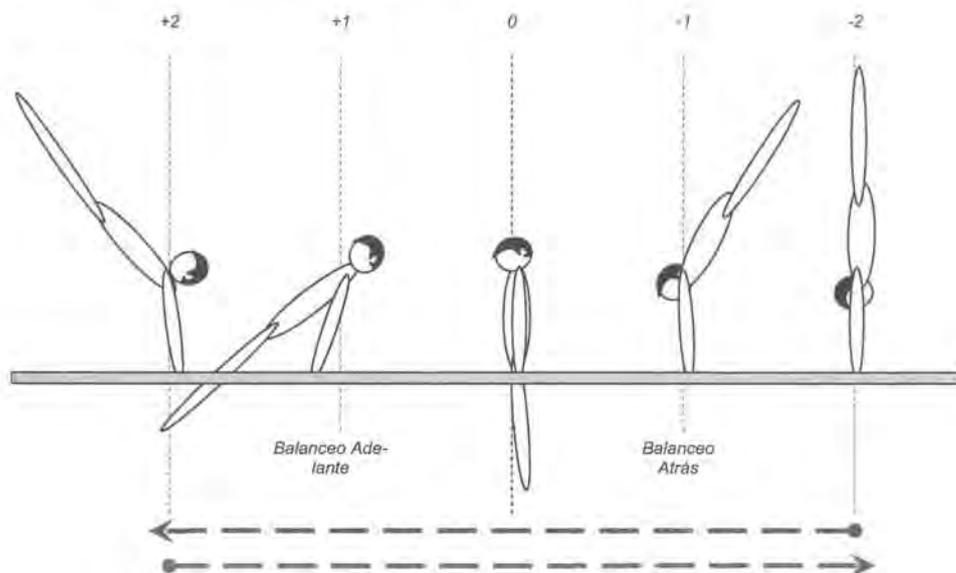


Figura 1.24. Fases del balanceo desde el apoyo de manos en paralelas. Se describe su recorrido hacia adelante (-2, -1, 0, +1, +2) y hacia atrás (+2, +1, 0, -1, -2).

Descripción secuenciada del balanceo adelante:

- (-2) se considera que el inicio del balanceo parte desde la vertical, con todo el cuerpo dibujando una línea de 180°;
- (-1) el gimnasta inicia el descenso empujando las bandas paralelas hacia abajo y minimizando la acción de adelantar los hombros en relación a una hipotética línea perpendicular a las bandas. El ángulo de la cintura se mantiene en 180°;
- (0) llegar correctamente a esta fase supone, en muchos casos, el éxito o fracaso del elemento técnico objetivo. El gimnasta debe pasar por la perpendicular (el centro de masas se encuentra en el punto más bajo del balanceo) con un ángulo de cintura de 180° o ligeramente superior, es decir, con las puntas de los pies ligeramente retrasadas en relación a los hombros. La cabeza debe colocarse en posición neutra o ligeramente inclinada hacia abajo, con los hombros empujando en la misma dirección. En esta fase el gimnasta debe conseguir llegar a máxima velocidad flexando la banda al máximo de sus posibilidades (en función de su peso,

de la linealidad, sentido y dirección de sus segmentos corporales, de la velocidad alcanzada...);

- (+1) el gimnasta mantiene la posición del cuerpo, que se eleva hacia adelante gracias a la velocidad conseguida en la anterior fase y por la acción que ejercen los hombros, retrasándose únicamente lo necesario como para compensar poder mantener un ángulo de cintura de 180° , aproximadamente;
- (+2) el gimnasta debe intentar mantener la máxima velocidad alcanzada durante el balanceo hasta la parte final de esta fase, momento en el cual el ángulo de hombros (extremidad superior – tronco) corresponde al máximo que las posibilidades físico-técnicas del gimnasta, permiten. La posición de la cabeza es neutra o ligeramente inclinada, visualizando las puntas. Cuando éstas alcanzan su máxima altura (respetando un ángulo de cintura de 180° o ligeramente inferior) y tras un breve momento de pausa, el cuerpo inicia el recorrido que le llevará iniciar el balanceo atrás.

Descripción secuenciada del balanceo atrás:

- (-2) los gimnastas que mejor ejecutan el balanceo adelante en paralelas, inician el balanceo atrás desde un posición cercana a la vertical (extensión de hombros o retroversión cercana a 180° ;
- (-1) el gimnasta inicia el descenso empujando las bandas paralelas hacia abajo y minimizando la acción de retrasar los hombros en relación a una hipotética línea perpendicular a las bandas. En esta fase es fundamental que el ángulo de la cintura se mantenga en 180° , aproximadamente;
- (0) las características de esta fase coinciden con las del balanceo adelante, pero en sentido contrario;
- (+1) el gimnasta mantiene la posición del cuerpo, que se eleva hacia adelante gracias a la velocidad conseguida en la anterior fase y por la acción que ejercen los hombros, adelantándose únicamente lo necesario como para compensar poder mantener un ángulo de cintura de 180° o ligeramente inferior;
- (+2) el gimnasta, en función de si el balanceo finaliza en la vertical o si es el medio para realizar un elemento de dificultad, decelerará de forma progresiva hasta que el ángulo de hombros sea de 180° , o bien acelerará ajustándose a las necesidades técnicas de la siguiente dificultad, respectivamente.

Caballo con arcos:

Todos los elementos técnicos que conforman el caballo con arcos, a excepción del grupo de elementos de tijeras, se realizan a través de los molinos. La técnica de molino en caballo con arcos se inicia en el aparato metodológico de la "seta", denominado así por su particular semejanza a un hongo o champiñón. Existen diferentes modelos en el mercado (Figura 1.25).



Figura 1.25. Diferentes modelos de "setas", utilizadas como medio metodológico para el aprendizaje del molino en caballo con arcos.

Su particular forma permite a los gimnastas disponer de una amplia base para apoyar las manos y les ayuda a lograr la máxima amplitud de movimiento al no tener ningún obstáculo que superar, como por ejemplo, los arcos (Grassi et al., 2005b).

Alguno de los principales factores que condicionan la consecución de una técnica de molino optimizada en caballo con arcos, quedan recogidos en sendas publicaciones internacionales (Kamon, 1966; Cuk, 1995; Baudry, 2002; Baudry et al., 2004; Grassi et al., 2005b; Baudry et al., 2006a, 2006b; Fujihara & Fuchimoto, 2006; Baudry et al., 2008; Fujihara & Gervais, 2008; Baudry et al., 2009).

Tabla 1.22. Aportaciones al estudio biomecánico de ciertos elementos técnicos en arcos.

<i>Elementos técnicos</i>	<i>Componentes analizados</i>	<i>Referencias</i>
<i>Tijeras</i>		<i>Kamon, 1966</i>
<i>Pivote magyar</i>		<i>Cuk, 1995</i>
		<i>Baudry, 2002</i>
		<i>Baudry et al., 2004</i>
		<i>Grassi et al., 2005b</i>
		<i>Baudry et al., 2006a</i>
<i>Molinos</i>	<i>Ángulos articulares, velocidades angulares, posiciones corporales segmentarias...</i>	<i>Baudry et al., 2006b</i>
		<i>Fujihara & Fuchimoto, 2006</i>
		<i>Baudry et al., 2008</i>
		<i>Fujihara & Gervais, 2008</i>
		<i>Baudry et al., 2009</i>

La aportación de la literatura científica al desarrollo técnico del caballo con arcos es la menor de cuantos aparatos conforman la competición en GAM (Tabla 1.22). A parte del estudio de los molinos (Baudry 2002; Baudry et al., 2004; Grassi et al., 2005b; Baudry et al., 2006a; 2006b; Fujihara & Fuchimoto, 2006; Baudry et al., 2008; Fujihara & Gervais, 2008; Baudry et al., 2009), únicamente se han hallado dos elementos técnicos que hayan sido analizados científicamente

desde perspectivas biomecánicas: las tijeras (Kamon, 1996) y el pivote magyar (Cuk, 1995). Respecto al estudio de los molinos cabe destacar algunas aportaciones significativas:

- a. la aplicación de un "feedback" auditivo en tiempo real (Baudry et al., 2006a) o visual (grabación en vídeo) inmediatamente posterior a la ejecución de los molinos en caballo con arcos (Baudry et al., 2006b), parece optimizar la ejecución de éstos, de forma especial en lo que hace referencia a la correcta alineación de los segmentos corporales en las fases más complejas del molino;
- b. la consistencia o repetitibilidad de las trayectorias recorridas por las diferentes partes del cuerpo durante la ejecución de un molino (hombro, cadera, tobillo), es un factor que caracteriza a aquellos gimnastas que mejor lo ejecutan, tanto en la seta (Grassi et al., 2005b) como en el propio caballo con arcos (Baudry et al., 2008, Baudry et al., 2009);
- c. otro factor que caracteriza a aquellos gimnastas que mejor ejecutan los molinos en caballo con arcos, es la correcta ejecución de la rotación de la cadera (Figura 1.26), tanto al inicio del apoyo facial (1r cuadrante), como al inicio del 3r cuadrante (Fujihara & Fuchimoto, 2006);
- d. la aplicación de fuerzas ejercida por los gimnastas cuando realizan molinos sobre los arcos (eje transversal) es diferente a la ejercida en los molinos rusos (eje longitudinal). La necesidad de superar el obstáculo que suponen los arcos en los segundos, implica una mayor flexibilidad de la articulación del hombro y unos momentos de aplicación de fuerza, mayores (Fujihara & Gervais, 2008).

Finalmente, en el aparato de caballo con arcos no se han hallado estudios que relacionen el rendimiento deportivo en gimnasia artística (expresado mediante la elaboración de un ranking general en los seis aparatos o bien de forma específica a este aparato) con la mayor o menor capacidad técnica de un gimnasta a la hora de ejecutar correctamente los molinos en este aparato. De dichas aportaciones, junto a los criterios técnicos que caracterizan a una gimnasia contemporánea, se extraen las principales características de ejecución, y que definen el modelo teórico ideal:

- a. mantener la cabeza en posición neutra, minimizando la tendencia natural de dirigir la vista hacia las manos;
- b. los apoyos de las manos deben de soportar la misma carga, optimizando el desplazamiento de los hombros. Es decir, minimizado su desplazamiento vascular a favor de un movimiento más circular;
- c. los apoyos de las manos deben sincronizarse en el espacio (colocación de las manos emulando los arcos) y el tiempo (el sonido percibido de cada uno de los dos apoyos: mano izquierda y mano derecha, siendo lo más tenue posible, debe poseer una misma intensidad y frecuencia);
- d. los apoyos de manos deben de mantenerse el mayor tiempo posible, teniendo la intención de constante anticipación, favoreciendo así la necesaria rotación longitudinal del cuerpo, tanto en el inicio del apoyo facial (1r cuadrante), como en el inicio del 3r cuadrante (Figura 1.26); e) el

ángulo formado entre el tronco y las extremidades inferiores (cintura) debe mantenerse en todo momento en 180° o más. Durante dicha acción, resulta de vital importancia mantener el bloqueo tónico postural de la cintura abdominal y de los glúteos;

- e. el ángulo formado entre las extremidades superiores y el tronco debe ser el más elevado posible. El gimnasta debe mostrar la constante intención de querer "abrir el pecho" durante toda la acción del molino;
- f. la velocidad del molino debe optimizarse de forma que sea la más rápida posible, siempre y cuando la perfección técnica del molino o de los elementos técnicos que provengan o deriven de éste, no resulte perjudicada;
- g. la trayectoria de las puntas de los pies debe dibujar una circunferencia con el mayor radio posible. De forma consecuente, cuanto mayor sea dicha circunferencia, mayor deberá ser la que dibujen los hombros (relación directamente proporcional), aplicada en sentido contrario (relación inversamente proporcional). Todo con el objetivo de compensar y mantener la situación de equilibrio dinámico.

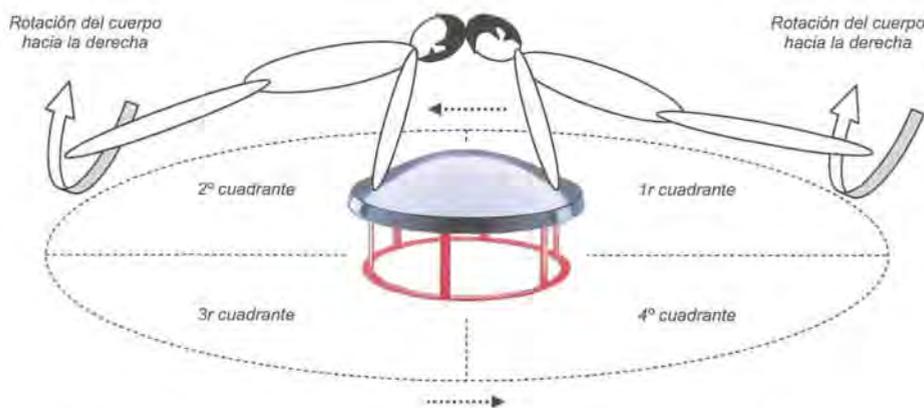


Figura 1.26. Ejemplo de un molino, de sentido contrario a las agujas del reloj, desfragmentado en cuadrantes. Se indican los momentos de rotación de la cadera, necesarios para la anticipación de los apoyos.

1.2.3.2 LA RECEPCIÓN

En este apartado se recogen las principales aportaciones científicas al estudio biomecánico del suelo (Tabla 1.23) y del salto (Tabla 1.24). Pese a ser éstos los dos únicos aparatos que no poseen específicamente elementos de balanceo (si exceptuamos el símil de molinos de caballo con arcos realizados en suelo), y que la recepción es común al resto de aparatos competitivos, sí parece que ésta última es un elemento determinante en aquellos aparatos donde el contenido acrobático es preponderante, como en los aparatos de suelo (Geiblinger et al., 1995b) y salto (Takei, 2007).

Tabla 1.23. Aportaciones al estudio biomecánico de ciertos elementos técnicos en suelo.

Elementos técnicos	Componentes analizados	Referencias
<i>Doble mortal atrás</i> (extendido, agrupado, con giros...)	<i>Características de la impulsión, de la fase aérea, y de la recepción (momentos angulares y/o lineales, posiciones corporales globales y/o segmentarias, fuerzas de reacción entre el cuerpo y la superficies del suelo...)</i>	<i>Austin, 1971</i>
		<i>Brüggemann, 1983</i>
		<i>Hwang et al., 1990</i>
		<i>Geiblinger et al., 1995a 1995b</i>
		<i>Yeadon & Mikulcik, 1996</i>
		<i>Yeadon, 1997a</i>
		<i>Kerwin et al., 1998.</i>
		<i>King & Yeadon, 2004</i>
		<i>Mathiyakom et al., 2006</i>
		<i>Mortal atrás extendido con giro</i>
<i>Flic-flac</i>	<i>Yeadon, 1999</i>	
<i>Paloma</i>	<i>Payne & Barker, 1976</i>	
<i>Mortales adelante</i> (elementos aislados o enlazados...)	<i>Knoll, 1993</i>	
	<i>Grassi et al., 2005a</i>	
	<i>Dufau et al., 2002</i>	
<i>Mortales adelante</i> (elementos aislados o enlazados...)	<i>Oka et al., 2003</i>	
	<i>Knight et al., 1978</i>	
<i>Mortales adelante</i> (elementos aislados o enlazados...)	<i>Miller & Nissinen 1987</i>	

En los aparatos del suelo y la plataforma de saltos, independientemente de los elementos analizados ("mortales atrás", "mortales adelante", "flic-flacs", "palomas", saltos de "tsukahara", "yurchenkos"...), prepondera el estudio de la fase de impulsión o batida (Payne & Barker, 1976; Brüggemann, 1983; Miller & Nissinen 1987; Hwang et al., 1990; Knoll, 1993; Yeadon, 1993a, 1993b; Geiblinger et al., 1995a; Kerwin et al., 1998; Dufau et al., 2002; King & Yeadon, 2004; Mathiyakom et al., 2006), en segundo lugar el de las fases aéreas (Austin, 1971; Knight et al., 1978; Yeadon, 1993c, 1993d; Kerwin et al., 1993; Yeadon & Mikulcik, 1996; Yeadon, 1997a; Yeadon, 1999; Grassi et al., 2005a), y en tercer lugar el de las recepciones (Geiblinger et al., 1995b). Respecto a éstas últimas, y pese a ser estudios realizados con gimnastas femeninas (Janshen, 2000; Arampatzis et al., 2002), se concluye que un correcto entrenamiento de la acción técnica de recepcionar minimiza el estrés mecánico y muscular de las extremidades inferiores de las gimnastas, reduciendo así el riesgo de lesión. Finalmente, en el aparato del suelo no se han hallado estudios que relacionen el rendimiento deportivo en gimnasia artística (expresado mediante la elaboración de un ranking general en los seis aparatos o bien de forma específica a este aparato) con la capacidad técnica de recepcionar en equilibrio.

Tabla 1.24. Aportaciones al estudio biomecánico de ciertos elementos en plataforma de saltos.

Elementos técnicos	Componentes analizados	Referencias
Principios biomecánicos generales		Tichonov, 1978 Dainis, 1981 Brügemann, 1984 Takei, 1991a, 1991b Takei, 1992 Takei et al., 1996 Lee, 1998 Krug et al., 1998 Requejo et al., 2002 Prassas, 2002 Sano et al., 2007
Tigre	Fuerzas de reacción entre el cuerpo y el trampolín (batida), la plataforma de saltos (repulsión), y la superficie del suelo (recepción). Características de la carrera. Características de ambas fases de vuelo (prerepulsión y postrepulsión) Correlación con la puntuación de los jueces (rendimiento gimnástico)	Yeadon et al., 1998 King et al., 1999 Takei et al., 2000 King & Yeadon, 2005
Paloma		Dainis, 1979 Takei, 1989 Minganti et al., 2000 Coventry et al., 2006
Paloma mortal		Bejin, 1979 Takei & Kim, 1990 Gervais, 1994 Takei, 1998
Tsukahara vs Kasamatsu		Kervin et al., 1993 Bohne et al., 2000 Koh et al., 2003a Koh et al., 2003b
Yurchenko (GAF)		Koh & Jennings, 2003 Seelay & Bressel, 2005 Koh & Jennings, 2007
Roche (paloma doble mortal)		Takei et al., 2003 Takei, 2005 Takei et al., 2007 Takei, 2007

Tal y como se ha señalado, equilibrarse en la recepción es otra de las familias gimnásticas fundamentales para la consecución de logro deportivo en gimnasia artística (Leguet, 1985). En un estudio relacionado (Takei, 2007), se concluye que en el caso del salto "Roche" (paloma con doble mortal agrupado), el 86% de la varianza respecto a la puntuación de los jueces viene explicada por la distancia a la que se recepciona y por el grado de equilibrio con la que ésta se logra.

Recepcionar en equilibrio supone, en la mayoría de casos, la consecuencia de haber ejecutado previamente un elemento acrobático de forma mínimamente correcta (Holvoet et al., 1999; Janshen, 2000; Takei et al., 2003; Arampatzis et al., 2002; King & Yeadon, 2005). Factores intrínsecos como la percepción visual (Lee et al., 1992; Davlin et al., 2001a, 2001b; Morenilla et al., 2005; Luis & Tremblay, 2008), la cinética de los diversos segmentos corporales que intervienen (McNitt-Gray et al., 2001; Takei et al., 2007), los factores extrínsecos como la altura de calda (McNitt-Gray, 1993; Arampatzis et al., 2002), y las características de la superficie de recepción (McNitt-Gray et al., 1993; Pain et al., 2005; Mills et al., 2006), se interrelacionan condicionando la capacidad del gimnasta para recepcionar sin ningún desequilibrio.

La acción de recepcionar supone la adopción de una posición final de equilibrio en bidepestando que todas las rutinas competitivas deben contemplar (Figura 1.27). Efectivamente, a excepción del caballo con arcos, en el resto de aparatos el ejercicio o a rutina de competición finaliza mediante la realización de elementos acrobáticos derivados de mortales hacia delante o hacia atrás (giros de 360° sobre el eje transversal) con o sin piruetas (giros de 360° sobre el eje longitudinal).

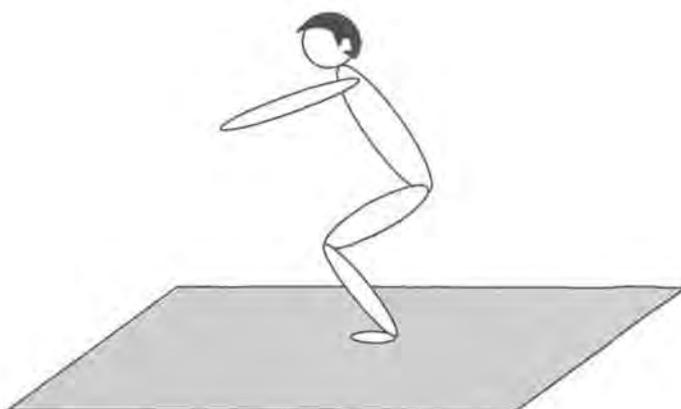


Figura 1.27. Posición de recepción en equilibrio.

1.3 Valoración multidimensional del rendimiento en GAM

La relación entre el rendimiento deportivo (generalmente basado en un ranking) y el conjunto de variables independientes que cada investigador analiza para intentar explicarlo, varía a lo largo de la edad (Régnier & Salmela, 1987; Blimkie, 1989). No existe una única variable, ni un único conjunto de variables pertenecientes a una sola dimensión del rendimiento, que explique con suficiente potencia predictiva la elevada variabilidad que éste supone, siempre esto en referencia a una determinada especialidad deportiva (Malina et al., 2004a). El perfil del campeón en categorías iniciales no tiene porqué corresponder con el perfil del campeón en categorías absolutas (García-Manso et al., 2003). En la actualidad la gran mayoría de los diseños experimentales abordan el análisis del rendimiento de forma multifactorial, generalmente mediante la inclusión de modelos estadísticos multivariantes (Vaeyens et al., 2006, 2008, 2009). En GAM se han hallado seis estudios que abarquen el análisis del rendimiento gimnástico (GAM) desde una perspectiva multidimensional (Dotan et al., 1980; Grabiner & McKelvain, 1987; Jancarik & Salmela, 1987; Régnier & Salmela, 1987; Singh et al., 1987; Delas et al., 2008).

En el primero de ellos (Dotan et al., 1980), participó un grupo de 112 jóvenes gimnastas ($9,6 \pm 3,5$ años) subdivididos en tres grupos de mayor a menor rendimiento deportivo según el criterio de entrenadores expertos (B3: $n=14$; B2: $n=18$; B1: $n=80$). El grupo de mayor nivel (B3) resultó tener las extremidades inferiores más cortas ($p < 0,001$), un mayor mesomorfismo ($p < 0,01$) y

un menor ectomorfismo ($p < 0,01$) que el grupo de menor nivel (B1). El rendimiento deportivo de los gimnastas correlacionó con su capacidad anaeróbica en términos relativos. Seis fueron las variables seleccionadas en la ecuación de regresión múltiple ($r=0,92$): 1) índice de longitud relativa de la extremidad superior; 2) ectomorfismo; 3) capacidad vital en valores relativos; 4) mesomorfismo; 5) perímetro del brazo / longitud del brazo; 6) capacidad anaeróbica en términos relativos. Las principales limitaciones del estudio radican en la falta de información sobre el diseño de las pruebas realizadas así como los procedimientos aplicados. En este sentido, los mismos autores sugieren, a pesar del elevado nivel de correlación ($r=0,92$), la necesidad de seguir investigando en base a la implementación de variables no vinculadas únicamente a factores antropométricos (Dotan et al., 1980).

En el segundo estudio (Grabiner & McKelvain, 1987), participó un grupo de jóvenes gimnastas de élite ($n=42$; edad: $15,6 \pm 1,2$ años; talla: $161,4 \pm 4,1$ cm; peso: $51,0 \pm 0,5$ kg) y un grupo control ($n=62$) formado por deportistas de otras especialidades (natación, lucha, béisbol) de edades y dimensiones corporales semejantes. Las pruebas fueron: flexiones desde la suspensión en presa dorsal o "pull-ups"; flexiones de brazos desde decúbito prono o "push-ups"; abdominales o "sit-ups"; flexiones desde el apoyo de manos en paralelas o "dips"; salto vertical; flexiones en vertical o "handstand push-ups"; olímpicos o "press to handstand" (esta última prueba, debido a su elevada especificidad, únicamente fue realizada por los gimnastas). La valoración de cada una de las pruebas se estableció calculando la potencia relativa de cada individuo según: a) el número máximo de repeticiones realizadas durante 60 segundos; b) el desplazamiento del centro de gravedad en cada repetición; c) el peso de cada individuo. Los resultados demostraron que: a) los gimnastas registraron un perfil físico específico, obteniendo valores promedio de 2,1 desviaciones estándar por encima del resto de deportistas; b) el coeficiente de variación entre los gimnastas resultó significativamente menor ($CV=31,3\%$; $p < 0,001$) que entre el grupo control ($CV=59,0\%$); c) se obtuvo una ecuación de regresión que explicó el 44,0% de la varianza (Eq. 1). Pese a todo, las principales limitaciones del estudio sugieren ser cautos a la hora de interpretar sus resultados: a) número reducido de variables independientes y todas ellas pertenecientes a una única dimensión del rendimiento deportivo (condición física); b) sin datos respecto a la colinealidad y/o al nivel de dependencia entre las variables a la hora de incluirlas en el análisis de regresión múltiple; c) cuantificación de las pruebas (cálculo de la potencia relativa), discutible; d) el elevado coeficiente de variación del grupo control respondería al hecho de haberlo conformado a partir de especialidades deportivas ciertamente diferenciadas (natación, lucha, béisbol), además de añadir la elevada variabilidad de la prestación deportiva que sucede en la franja de edad analizada; e) no se poseen indicadores de edad biológica.

$$R = -28,96 + 0,222 \cdot X_1 - 0,009 \cdot X_2 + 0,705 \cdot X_3 - 0,626 \cdot X_4 - 0,204 \cdot X_5 - 0,009 \cdot X_6 + 0,065 \cdot X_7 \quad (\text{Eq. 1})$$

donde X_1 (W/kg): potencia relativa en flexiones desde la suspensión.
 X_2 (W/kg): potencia relativa en abdominales.
 X_3 (W/kg): potencia relativa en flexiones de brazos desde decúbito prono.
 X_4 (W/kg): potencia relativa en flexiones en vertical.
 X_5 (W/kg): potencia relativa en flexiones desde el apoyo de manos en paralelas.
 X_6 (W/kg): potencia relativa en salto vertical.
 X_7 (W/kg): potencia relativa en olímpicos.

Los siguientes estudios (Jancarik & Salmela, 1987; Régnier & Salmela, 1987), pese a ser diferentes publicaciones, fueron diseñados y elaborados en base al mismo grupo de investigación. De hecho existe un tercero que, a modo de prefacio, explica el protocolo de cada una de las pruebas (Salmela et al., 1987). Todos ellos fueron publicados como breves capítulos en el libro "World Identification Systems for Gymnastic Talent" (Petiot et al., 1987). En el estudio de Régnier & Salmela (1987) fueron incluidos, bajo un diseño transversal, 263 gimnastas canadienses de nivel nacional e internacional (divididos en varios grupos de edad: 10-11 años, 12-13 años, 14 años, 15-16 años, 17-18-19 años, ≥ 20 años) y 71 variables independientes, todas englobadas en cuatro áreas: morfológica o somática ($n=23$); orgánica o de condición física específica ($n=34$); perceptiva o de habilidad técnica ($n=8$); psicológica ($n=6$). Los objetivos del estudio fueron: a) identificar las variables relacionadas con el rendimiento gimnástico para cada grupo de edad (ranking competitivo establecido a partir de los resultados de la liga provincial efectuada la temporada previa al estudio); b) analizar la potencia predictiva individual de cada una de las cuatro áreas de rendimiento evaluadas; c) mostrar la efectividad del análisis multivariante para la elaboración de un modelo fiable de predicción del rendimiento deportivo en GAM. Los resultados del estudio demostraron que: a) el conjunto de variables que conforman el mejor modelo predictivo varía a lo largo de la edad; b) desde los 10 hasta los 16 años, las relaciones entre dichas variables se establece en base a diferentes áreas del rendimiento (Tabla 1.25), a partir de los 17 años, el 100% de la varianza es explicada básicamente por el área perceptiva (habilidades técnicas) y el área orgánica (condición física específica); c) los menores índices de predicción del modelo se establecen en las edades cronológicas situadas alrededor de los 14 años. Pese a todo, las principales limitaciones del estudio sugieren ser cautos a la hora de interpretar sus resultados: a) las franjas de edad contempladas no logran reflejar la elevada variabilidad en la prestación gimnástica entre un gimnasta de 17 años respecto a uno de 19 años, por ejemplo; b) nuevamente, no se poseen indicadores de edad biológica; c) los autores no indican ningún mecanismo de control respecto a la fiabilidad y validez de cada una de las pruebas realizadas; d) el ranking competitivo se establece sin tener en cuenta índices correctores que favorezcan a los gimnastas con participación y resultados en las competiciones nacionales e internacionales. Además, queda establecido con un año de antelación, y no durante la misma temporada deportiva; e) el nivel competitivo de la muestra objeto de estudio no es lo suficientemente elevado como para discriminar entre los gimnastas de mayor o menor nivel deportivo, de forma especial en las edades iniciales; f) tanto la cuantificación como la idoneidad de alguna de las pruebas es discutible (sentido kinestésico, tolerancia al dolor...).

Tabla 1.25. Variables predictivas a lo largo de la de edad en GAM (Régnier & Salmela, 1987).

Grupos de edad (años)	Variables seleccionadas (n=5)	Varianza explicada (%)
10 -11	Vertical o apoyo invertido	83%
	Equilibrio encima de una barra con ambos pies	
	Perímetro torácico	
	Endomorfia	
	Tolerancia al dolor	
12 -13	Potencia específica de brazos	67%
	Tolerancia al dolor	
	Sentido kinestésico	
	Elevación frontal de la extremidad inferior	
	Salto vertical	
14	Elevación frontal de la extremidad inferior	55%
	Equilibrio encima de una barra con ambos pies	
	Test de personalidad: extroversión (Eysenk & Eysench, 1964)	
	Coordinación (Wettstone, 1938)	
	Diámetro bicondíleo del húmero	
15 - 16	Salto con rebote	59%
	Endomorfia	
	Tolerancia al dolor	
	Coordinación (Wettstone, 1938)	
	Ansiedad (Spielberger et al., 1970)	
17 -19	Equilibrio encima de una barra con ambos pies	100%
	Vertical o apoyo invertido	
	Salto con rebote	
	Elevación frontal de la extremidad inferior	
	Diámetro biacromial	
≥ 20	Estimación del tiempo	100%
	Potencia específica de brazos	

Otro estudio, realizado con 46 gimnastas hindús de nivel nacional (Singh et al., 1987), señala que el 73% de la varianza del rendimiento competitivo en GAM, puede explicarse mediante cuatro habilidades gimnásticas de condición física: trepa de cuerda, espagat, salto vertical, fuerza de prensión manual. Los autores ratifican la opinión de muchos entrenadores expertos a la hora de afirmar que son la fuerza y la flexibilidad los dos grandes ejes condicionantes del mayor o menor nivel de perfección técnica que pueda desarrollar un gimnasta. No obstante, la capacidad predictiva de las variables de rendimiento de los gimnastas en este estudio queda limitada por: a) número reducido de variables independientes y todas ellas pertenecientes a una única dimensión (condición física); b) no se poseen indicadores de edad cronológica ni biológica; c) no se indican mecanismos de control respecto a la fiabilidad y validez de cada una de las pruebas realizadas. Finalmente, Delas y colaboradores (Delas et al., 2008), señalan que el 58% de la varianza en GAM viene explicada únicamente por variables somáticas. La muestra utilizada (110 niños de 12,0±3,0 años que practican únicamente gimnasia extraescolar), limita y aleja definitivamente los resultados y consecuentes conclusiones, en relación al presente estudio.

2 JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

2.1 Justificación y modelo de estudio

El rendimiento deportivo en GAM depende del grado de perfección técnica alcanzado por el gimnasta en cada una de sus actuaciones (Bale & Goodway, 1990). Dicha perfección es valorada en base a la conjunción de tres factores (CP-FIG): 1) el nivel de dificultad de los elementos gimnásticos; 2) la corrección en la ejecución técnica de éstos; 3) la composición de las rutinas competitivas de los gimnastas.

Los gimnastas requieren de un elevado nivel de preparación física, tanto general como específica, para manifestar la excelencia técnica en sus rutinas competitivas (Carter et al., 1971; Sands et al., 2001; Prassas et al., 2006). Varios autores señalan que la flexibilidad (Carrasco, 2004a, 2004b; Sands et al., 2006b, 2008; Kinser et al., 2008) y la fuerza (Ariza, 2004) en cada una de sus manifestaciones, son las cualidades físicas preponderantes en GAM. Pese a ello, y no de forma contrapuesta, en la gimnasia actual se pone de manifiesto, cada vez más, la necesidad de integrar otros factores que en mayor o menor medida pudieran determinar o condicionar el rendimiento del gimnasta como son, entre otros, la composición corporal (Georgopoulos et al., 2004), las habilidades técnicas o coordinativas (Carnus, 2004; Asseman et al., 2008), la velocidad (Kling & Cometti, 2002) y la resistencia (Jemni et al., 1998b, 2000b).

El estudio teórico del rendimiento deportivo ha hecho que diversos autores hayan planteado, desde una perspectiva genérica, diversos modelos estructurales que intentan explicarlo (Bouchard, 1973; Bauersfeld & Schröter, 1979; Martin, 1980; Grosser & Neumaier, 1982; Schnabel & Thiess, 1994). En este sentido, y tal y como se ha desarrollado en el anterior apartado (apartado 1.3), los únicos seis estudios relacionados que se han hallado en GAM poseen una serie de limitaciones que imposibilitan generar cualquier propuesta acorde con la realidad actual de esta disciplina deportiva (Dotan et al., 1980; Grabiner & McKelvain, 1987; Jancarik & Salmela, 1987; Régnier & Salmela, 1987; Singh et al., 1987; Delas et al., 2008): a) contemplan el rendimiento gimnástico desde una única perspectiva o tipo de variable de estudio (Dotan et al., 1980; Grabiner & McKelvain, 1987; Singh et al., 1987; Delas et al., 2008); b) incluyen un número reducido de variables independientes (Grabiner & McKelvain, 1987); c) no aportan indicadores de edad biológica (Grabiner & McKelvain, 1987; Jancarik & Salmela, 1987; Régnier & Salmela, 1987; Singh et al., 1987); d) no especifican mecanismos de control respecto a la fiabilidad y validez de cada una de las pruebas realizadas (Jancarik & Salmela, 1987; Régnier & Salmela, 1987; Singh et al., 1987); e) el ranking competitivo se establece sin tener en cuenta índices correctores que favorezcan a los gimnastas con participación y resultados en competiciones nacionales e internacionales (Jancarik & Salmela, 1987; Régnier & Salmela, 1987); f) el nivel competitivo de la muestra objeto de estudio es discreto (Jancarik & Salmela, 1987; Régnier & Salmela, 1987; Delas et al., 2008).

Por otra parte, la mayoría de modelos genéricos de análisis del rendimiento deportivo emplean niveles de concreción reducidos, limitándose en su mayoría a enumerar los componentes

analizados pero sin determinar niveles de jerarquía o de interacción entre ellos (Hohmann, 2001; Hohmann & Seidel., 2003).

La presente investigación pretende aportar nuevas bases para la configuración de un modelo de rendimiento específico en GAM, jerarquizado en varios factores y diferenciado en función de la edad evolutiva de los gimnastas. Según el modelo de Bouchard (1973) el rendimiento deportivo estaría condicionado por tres grupos de factores: a) factores de organización y control del entrenamiento (factores sistémicos que apoyan el proceso de entrenamiento: desde la evaluación médico deportiva, hasta los diferentes controles para valorarlo); b) factores determinantes invariables del rendimiento (factores genéticos y morfológicos, principalmente); y c) factores determinantes variables del rendimiento (factores de condición física, de habilidad técnica, de preparación psicológica, sociales, etc.).

El modelo de análisis adoptado y, por tanto, el diseño del presente estudio (apartado 3.3.1), se basa en la propuesta de Rodríguez (1989), previamente utilizada en tesis doctorales realizadas por Solanellas (1995) con tenistas, por Fernández (2000) con jugadores de balonmano, por Saavedra (2002) con nadadores jóvenes, y por Vila (2002) con jugadoras de balonmano. Dicho modelo configura el análisis de la estructura condicional del rendimiento deportivo en base a distintos factores, supuestamente relacionados con el rendimiento, que son evaluados a tres niveles: a) un primer nivel, esencialmente descriptivo, basado en el cálculo de estadísticos univariantes para cada una de las variables de estudio y para cada grupo de edad; b) un segundo nivel que relaciona cada una las variables de estudio con el nivel de rendimiento y compara sus valores absolutos o relativos con los de una o varias poblaciones de referencia y en función de los distintos grupos de edad mediante el uso de técnicas estadísticas bivariantes; y c) un tercer nivel que, mediante la elaboración y evaluación de modelos estadísticos multivariantes, jerarquiza las distintas variables y factores en relación con el rendimiento deportivo como variable dependiente única en los distintos grupos de edad (Figura 2.1).



Figura 2.1. Modelo de análisis de la estructura condicional del rendimiento deportivo (Rodríguez, 1989).

Así, conjugando ambos modelos (estructural y analítico), el presente estudio se centrará en el análisis de la estructura condicional del rendimiento deportivo en GAM en base a los siguientes factores: a) factores determinantes invariables: estructura somática (VS), morfológica y madurativa, evaluadas mediante el estudio antropométrico y de la edad biológica (Tanner et al., 1966), respectivamente; b) factores determinantes variables: valoración de antecedentes sociales y deportivos (VASD), valoración de la condición física general (VCFG) y específica (VCFE) y valoración técnica (VT). Finalmente, las citadas valoraciones (VS, VASD, VCFG, VCFE y VT) se valorarán de forma conjunta en el apartado de valoración multidimensional (VM), mediante el desarrollo de modelos estadísticos multivariantes (regresión múltiple y análisis discriminante).

A fecha de publicación de la presente investigación, no existe ninguna base de datos en nuestro conocimiento que registre las características sociodeportivas, somáticas, de condición física y técnica de nuestros gimnastas de competición (GAM). Tampoco se dispone de ningún perfil referencial de los gimnastas con mayor capacidad para rendir en este deporte. También se desconoce si dicho perfil es aplicable a todas las edades y niveles de formación. El colectivo técnico nacional (técnicos de alto rendimiento deportivo, de centros de tecnificación, de clubes de competición, entrenadores especialistas, etc.) no dispone de una batería de pruebas válida, fiable, aplicable y específica de esta especialidad. No se posee, en definitiva, de un instrumento que oriente en el proceso de identificación y control de aquellos gimnastas con potencial para alcanzar altos niveles de rendimiento deportivo.

En consecuencia, la presente investigación pretende mejorar nuestro conocimiento sobre cuáles son los factores que condicionan el rendimiento deportivo en GAM en las distintas edades evolutivas y cómo valorarlos, así como aportar valores de referencia para las distintas categorías de edad.

2.2 Objetivos

2.2.1 OBJETIVOS GENERALES

Los objetivos generales del presente estudio son los siguientes:

- Describir las características sociodeportivas, somáticas, condicionales y técnicas de una muestra representativa de la población de gimnastas masculinos españoles de nivel nacional e internacional agrupados en distintas categorías de edad.
- Elaborar un modelo de estructura condicional multidimensional que permita explicar el rendimiento deportivo en GAM, en base a identificar aquellas variables que lo predicen en cada una de las categorías.

2.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos, establecidos en función de cada una de las valoraciones realizadas, son los siguientes:

2.2.2.1 VALORACIÓN DE ANTECEDENTES SOCIALES Y DEPORTIVOS

- Conocer los antecedentes sociales, la práctica deportiva anterior y presente, el entrenamiento deportivo, la participación en competiciones y el historial lesional de los gimnastas objeto de estudio.

2.2.2.2 VALORACIÓN SOMÁTICA

- Describir las características morfológicas y el grado de maduración y desarrollo de los gimnastas objeto de estudio.
- Comparar dichas características en las distintas categorías de edad, analizadas transversalmente, y determinar su relación con el rendimiento competitivo.
- Comparar las características somáticas de los gimnastas estudiados con las de otros grupos de población deportiva semejantes.
- Comparar las características somáticas de los gimnastas estudiados con los de la población general española a lo largo de la edad.

2.2.2.3 VALORACIÓN DE LA CONDICIÓN FÍSICA GENERAL

- Valorar la condición física de los gimnastas objeto de estudio mediante pruebas no específicas.
- Comparar indicadores de la condición física general de gimnastas de distintas categorías de edad para aproximar transversalmente un patrón de desarrollo evolutivo de dichas capacidades y determinar su relación con el rendimiento competitivo.
- Comparar la condición física general de los gimnastas con la de otros grupos de población semejantes.

2.2.2.4 VALORACIÓN DE LA CONDICIÓN FÍSICA ESPECÍFICA

- Proponer y aplicar una batería de pruebas específicamente gimnásticas para valorar la condición física de los deportistas objeto de estudio.
- Comparar indicadores de condición física específica de las distintas categorías de edad para aproximar un patrón transversal de desarrollo evolutivo de dichas capacidades y determinar su relación con el rendimiento competitivo.

-
- Comparar la condición física específica de los gimnastas con la de otros grupos de población semejantes.

2.2.2.5 VALORACIÓN DE LA TÉCNICA

- Valorar la habilidad técnica del balanceo y de la recepción de los gimnastas objeto de estudio.
- Comparar el nivel en dichas habilidades técnicas de gimnastas de distinta categoría de edad para aproximar un patrón transversal de su desarrollo evolutivo y determinar su relación con el rendimiento competitivo.
- Comparar la habilidad técnica de los gimnastas estudiados con la de otros grupos de población semejantes.

2.2.2.6 VALORACIÓN MULTIDIMENSIONAL

- Determinar qué factores y variables presentan una mayor capacidad predictiva del rendimiento competitivo en las diferentes categorías de edad.
- Establecer modelos predictivos jerarquizados del rendimiento en base a los factores analizados.

3 MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Sujetos

Participaron en el estudio 111 deportistas, lo que representa el 79% de la población de deportistas españoles de la especialidad de gimnasia artística masculina (GAM) que compitieron a nivel nacional y/o internacional durante la temporada 2005 (Tabla 3.1). Como se explica en el apartado 1.1.2, la RFEG establece las siguientes categorías: a) benjamín (8, 9 y 10 años); b) alevín (11 y 12 años) c) infantil (13 y 14 años); d) juvenil (15 y 16 años); e) júnior (17 y 18 años); y f) sénior (≥ 19 años). Cabe remarcar que las únicas categorías establecidas por la FIG, son las dos últimas. Tanto la RFEG como la FIG establecen la edad por años naturales, lo que implica, por ejemplo, que los gimnastas nacidos en cualquier mes del año 1990 sean considerados a 1 de enero de 2005 como gimnastas juveniles (15 años) con independencia de la fecha concreta en la que cumplan esa edad. El número de gimnastas, procedencia y edad promedio para cada categoría se presentan en la Tabla 3.2.

Tabla 3.1. Población vs. tamaño muestral analizado en el presente estudio

	AND		AST		BAL		CAN		CYL		CAT		EXT		MAD		NAV		VAS		VAL		Total n		Total %		
	No	SI	No	SI	No	SI																					
Benja.	2	7	1	4	2	9	4	-	2	-	2	12	-	-	-	5	1	-	-	-	-	-	-	14	37	27	73
Alevín	-	-	-	2	-	3	6	-	-	-	-	6	1	1	-	7	-	-	-	-	-	-	1	7	20	26	74
Infantil	-	3	-	2	-	2	-	-	1	-	-	4	-	2	1	-	-	-	-	2	1	3	3	18	14	86	
Juvenil	1	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	9	-	-	-	2	-	-	-	1	-	1	1	16	6	94	
Júnior	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	3	-	-	-	1	-	1	0	7	0	100	
Sénior	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-	2	4	-	-	1	4	-	-	-	1	-	1	4	13	24	76	
	3	12	2	12	2	15	10	0	3	0	4	36	1	3	2	21	1	0	0	5	1	7	29	111	21	79	

No: gimnastas no valorados en este estudio.; SI: gimnastas valorados; AND: Andalucía; AST: Asturias; BAL: Baleares; CAN: Cantabria; CYL: Castilla y León; EXT: Extremadura; MAD: Madrid; NAV: Navarra; VAS: País Vasco; VAL: Valencia

Tabla 3.2. Distribución de la muestra de gimnastas según su procedencia y edad

Edad (años)	Benjamín		Alevín		Infantil		Juvenil		Júnior		Sénior		Total	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Andalucía	7	-	-	-	3	-	1	-	1	-	-	-	12	11
Asturias	4	-	2	-	2	-	1	-	-	-	3	-	12	11
Baleares	9	-	3	-	2	-	1	-	-	-	-	-	15	14
Cataluña	12	-	6	-	4	-	9	-	1	-	4	-	36	32
Extremadura	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	3	3
Madrid	5	-	7	-	-	-	2	-	3	-	4	-	21	19
País Vasco	-	-	-	-	2	-	1	-	1	-	1	-	5	5
Valencia	-	-	1	-	3	-	1	-	1	-	1	-	7	6
Total	n		37		20		18		16		7		13	
	%		33		18		16		14		6		12	
														100

En el presente estudio se ha optado por no agrupar a los sujetos por categorías RFEG-FIG o por edad cronológica, en parte por el tamaño reducido de alguna de las muestras y en parte por otros criterios que se exponen a continuación. Así, los sujetos se agruparon según su edad biológica, determinada en función del desarrollo individual de los caracteres sexuales secundarios y según los estadios evolutivos de Tanner (Tanner et al., 1966). Este criterio queda justificado en base a los siguientes motivos: a) la edad biológica correlaciona mejor con el rendimiento deportivo que la edad cronológica (Beunen, 1981; Baxter-Jones et al., 1995); b) es un método de agrupación utilizado actualmente en algunas publicaciones internacionales indexadas, tanto de ámbito clínico general (Misra et al., 2007), como de ámbito gimnástico (Dowthwaite et al., 2007); y c) los grupos generados conforman óptimos tamaños muestrales a efectos comparativos (Tabla 3.3). En relación a este último punto, como proponen otros autores (Dowthwaite et al., 2007), se ha optado por agrupar a los gimnastas de los estadios G3 (n=22) y G4 (n=11) en un único grupo de tamaño muestral similar al resto (n=33).

Tabla 3.3. Edad cronológica y tamaño muestral de los grupos incluidos en el presente estudio

Grupo (estadios Tanner)	G1	G2	G3/G4	G5
Edad cronológica (años)	9,5±1,3	10,5±1,3	13,8±1,4	19,1±2,7
Número (n)	28	25	33	25

Finalmente, se muestra el número de gimnastas que conforman cada uno de los 4 grupos de estudio en relación a cada categoría RFEG-FIG (Tabla 3.4).

Tabla 3.4. Distribución de la muestra de gimnastas según su edad biológica y categoría

	G1		G2		G3/G4		G5	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Benjamín	20	71,4	17	68,0	-	-	-	-
Alevín	8	28,6	5	20,0	7	21,2	-	-
Infantil	-	-	3	12,0	15	45,5	-	-
Juvenil	-	-	-	-	11	33,3	5	20,0
Júnior	-	-	-	-	-	-	7	28,0
Sénior	-	-	-	-	-	-	13	52,0
Total	28	100	25	100	33	100	25	100

3.2 Métodos

3.2.1 TIPOS DE VALORACIÓN

El conjunto de variables analizadas en el presente estudio (n=136) se agrupan en las siguientes categorías de valoración:

-
- a. **Valoración de antecedentes sociales y deportivos (VASD).** Se estudian variables relacionadas con: a) antecedentes sociales (n=7); b) práctica deportiva (n=6); c) entrenamiento deportivo y competiciones (n=12); y d) historial de lesiones (n=8).
 - b. **Valoración somática (VS).** Se estudian variables: a) cineantropométricas: dimensiones corporales (n=5), longitudes (n=4), pliegues cutáneos (n=10), diámetros (n=9), perímetros (n=12); b) de composición corporal (n=10); c) de somatotipo (n=3); d) de proporcionalidad (n=5); e) datos biométricos parentales (n=4); y f) edad cronológica y maduración sexual (n=3).
 - c. **Valoración de la condición física general (VCFG).** Se estudian variables de la condición física general en base a los 9 ítems de la Batería Eurofit. La carrera de ida y vuelta o "Course navette", al registrar además del número de estadios, la estimación indirecta del VO_2max ($\text{mL}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}$), hace que el número de variables de estudio corresponda a n=10.
 - d. **Valoración de la condición física específica (VCFE).** Se estudian variables relacionadas con la flexibilidad (n=13), la capacidad de salto (n=4), la velocidad (n=1) y las habilidades gimnásticas de condición física (n=5).
 - e. **Valoración de la técnica (VT).** Se estudian variables de ejecución técnica de los balanceos en barra fija, anillas, paralelas y caballo con arcos (n=4), y de recepción (n=1).
 - f. **Valoración multidimensional (VM).** De todas las variables estudiadas en cada una de las valoraciones se seleccionan aquéllas que presentan mayor relación con el rendimiento competitivo y se analizan de forma conjunta.

3.2.2 INSTRUMENTOS Y MÉTODOS DE VALORACIÓN

3.2.2.1 VALORACIÓN DE ANTECEDENTES SOCIALES Y DEPORTIVOS

El instrumento utilizado para llevar a cabo esta valoración es un cuestionario (Anexo 9.1) diseñado a partir de las propuestas metodológicas de García Ferrando (García Ferrando et al., 1986). A partir de los objetivos del estudio formulados previamente (apartado 2.2), se exponen su estructura y las variables incluidas:

Estructura

El orden de los bloques se establece según la estrategia denominada "secuencia de embudo" (García Ferrando et al., 1986), previamente utilizada en tesis doctorales anteriores (Solanelas, 1995; Fernández, 2000; Saavedra, 2002; Vila, 2002). Se incluye un bloque introductorio (antecedentes sociales) con preguntas de carácter general. El siguiente bloque (práctica deportiva) incide de forma específica en el ámbito deportivo y, en un tercer bloque, se concretan cuestiones específicas a la naturaleza del proceso de entrenamiento y competición en gimnasia artística masculina (GAM).

En base a la propuesta de Kirby et al., (1981), se incluye un modelo de historial lesional (Anexo 9.1) establecido de forma dirigida y secuenciada en base a las lesiones más relevantes acaecidas durante la carrera deportiva de los gimnastas, sus causas y el tiempo de convalecencia necesario para retomar la normalidad del entrenamiento. Al objeto de obtener mayor precisión en la respuesta se accedió ocasionalmente al historial médico individual de algunos gimnastas.

Datos generales: a) nombre y apellidos; b) lugar de nacimiento; c) fecha de nacimiento (día/mes/año); d) dirección; e) localidad; f) provincia; g) código postal; h) teléfono/e-mail; i) club; j) categoría; y k) nombre y apellidos del entrenador.

Antecedentes sociales (n=7) (García Ferrando, 1990, 2006; Solanellas, 1995; Fernández, 1999; Saavedra, 2002; Vila, 2002): a) número de hermanos/as; b) práctica deportiva de madres y padres; c) profesión de madres y padres; d) tipo de desplazamiento utilizado para ir al gimnasio; y e) vinculación de los hermanos y hermanos respecto a la práctica gimnástica

Práctica deportiva (n=6) (Massimo, 1977; Leglise, 1988, 1992; Campos, 1995; Solanellas, 1995; Gajdos, 1998; Fernández, 1999; Kirkby et al., 1999; Papin 2002; Saavedra, 2002; Vila, 2002): a) primer deporte practicado; b) práctica simultánea con otros deportes; c) edad de inicio de la práctica gimnástica; d) edad de participación en la primera competición; e) motivación para practicar la gimnasia artística masculina; y f) aparato gimnástico preferente.

Entrenamiento y competiciones (n=12) (Plotkin et al., 1983, 1989; Chu, 1994; Solanellas, 1995; Major, 1996; Jemni et al., 1998a; Fernández, 1999; González-Badillo, 2000; Groussard & Delamarche, 2000; Saavedra, 2002; Vila, 2002; Bortoleto, 2004; Iruña et al., 2007): a) número de sesiones de entrenamiento a la semana; b) horas semanales de entrenamiento; c) número de aparatos que se entrenan al día; d) realización de entrenamiento con pesas; e) realización de entrenamiento general de base aeróbica (fuera del gimnasio); f) conocimiento de los términos relacionados con el entrenamiento; g) conocimiento de los objetivos de la temporada; h) conocimiento de las normativas técnicas (CP-FIG y CP-RFEG); i) preferencia del aparato por el que iniciar una competición; j) número de competiciones al año; k) orientación al ego o a la tarea; e i) meta final como gimnasta.

Historial de lesiones (n=8) (Kirby et al., 1981; Fernández, 1999; Vila, 2002): a) número de lesiones; b) número de intervenciones quirúrgicas; c) tipos de lesión; d) localización; e) causas; f) índice de gravedad; g) convalecencia; y h) estado en el momento de realizar el estudio. Además, a modo de contextualización descriptiva, se informa sobre el número de gimnastas por categoría con algún cuadro lesional registrado a lo largo de su carrera deportiva.

Tipos de variables

Las preguntas del cuestionario son, con sólo dos excepciones, de tipo cerrado, bien con respuesta alternativa dicotómica o con respuesta de elección múltiple. La pregunta nº 22 (conocimiento de los términos relacionados con el entrenamiento) del bloque de "entrenamiento y competiciones", se plantea relacional, contabilizando el número de aciertos. La pregunta nº 3 (práctica deportiva de

madres y padres) del bloque de "antecedentes sociales" (Tabla 3.5), así como la variable "tipo de lesión" del bloque "historial de lesiones" (Tabla 3.6), al poseer carácter abierto, se categorizan como sigue:

Tabla 3.5. Codificación de los deportes

0	<i>Ninguno</i>
1	<i>Aeròbic</i>
2	<i>Atletismo</i>
3	<i>Ballet</i>
4	<i>Baloncesto</i>
5	<i>Balonmano</i>
6	<i>Bolos</i>
7	<i>Boxeo</i>
8	<i>Caza Deportiva</i>
9	<i>Ciclismo</i>
10	<i>Culturismo</i>
11	<i>Equitaci3n</i>
12	<i>Espeleologia</i>
13	<i>Fitness</i>
14	<i>Fùtbol</i>
15	<i>Gimnasia Artística</i>
16	<i>Gimnasia Rítmica</i>
17	<i>Halterofilia</i>
18	<i>Judo</i>
19	<i>Karate</i>
20	<i>Motociclismo</i>
21	<i>Motocross</i>
22	<i>Nataci3n</i>
23	<i>Padel</i>
24	<i>Palinaje</i>
25	<i>Ping-Pong</i>
26	<i>Piragüismo</i>
27	<i>Rugby</i>
28	<i>Ski</i>
29	<i>Taekwondo</i>
30	<i>Tenis</i>
31	<i>Voleibol</i>

Tabla 3.6. Codificaci3n del tipo de lesi3n

0	<i>Ninguna</i>
1	<i>Afectaci3n Nerviosa</i>
2	<i>Artritis</i>
3	<i>Artrosis</i>
4	<i>Bursitis</i>
5	<i>Capsulitis</i>
6	<i>Clática</i>
7	<i>Contractura</i>
8	<i>Contusi3n</i>
9	<i>Carie Profundo</i>
10	<i>Disfunci3n cardiaca</i>
11	<i>Distensi3n</i>
12	<i>Epic3ndilitis</i>
13	<i>Esguince</i>
14	<i>Espondilolistesis</i>
15	<i>Fisura ósea</i>
16	<i>Fractura ósea</i>
17	<i>Inestabilidad Articular</i>
18	<i>Lumbalgia</i>
19	<i>Luxaci3n</i>
20	<i>Microruptura fibrilar</i>
21	<i>Osgood Slater</i>
22	<i>Osteocondritis</i>
23	<i>Periostitis</i>
24	<i>Rotura de ligamentos</i>
25	<i>Tendinitis</i>

Con el objetivo de valorar la fiabilidad test-retest del cuestionario (García Ferrando et al., 1986), una vez definidas la estructura y variables a introducir, se administró una primera vez a la muestra de gimnastas catalanes (n=36, 32,4% de la muestra total de gimnastas) y una segunda vez a los 45 días (ver apartado 4.1.2).

3.2.2.2 VALORACIÓN SOMÁTICA

En este apartado se describen las diferentes pruebas, incluyendo sus objetivos, las instrucciones para el examinador y sus respectivas valoraciones. Para los parámetros estandarizados se siguieron las normas y técnicas de medida recomendadas por el "International Working Group of Kinanthropometry" (Ross & Marfell-Jones, 1982), adoptadas por la "International Society for the Advancement of Kinanthropometry" (ISAK) y por el Grupo Español de Cineantropometría (GREC) (Aragonés et al., 1993). Para los no estandarizados, se indica la referencia. Todas las mediciones fueron realizadas por el autor, antropometrista acreditado con el Nivel 2 de la ISAK. Los parámetros estudiados fueron los siguientes:

Dimensiones corporales (n=5): talla, talla sentado, peso, envergadura y alcance.

Longitudes (n=4): extremidad superior, extremidad inferior, mano y pie.

Pliegues (n=10): tricipital, subescapular, bicipital, pectoral, axilar medio, ileocrestal, supraespal, abdominal, muslo anterior y pierna medial.

Diámetros (n=9): biacromial, billiaco, bitrocantéreo, transverso de tórax, anteroposterior de tórax, biepcondileo de húmero, biestiloideo, bicondíleo de fémur y bimaleolar de tobillo.

Perímetros (n=12): brazo relajado, brazo contraído, antebrazo, muñeca, mesoesternal, cintura, glúteo, muslo, pierna, tobillo, cefálico y cuello.

Composición corporal (n=10): sumatorio de 6 pliegues, masa grasa y masa libre de grasa (Slaughter et al., 1988), masa muscular (Poortmans et al., 2005), ósea (Rocha et al., 1975) y residual (Würch, 1974). Áreas grasas y musculares de brazo y muslo (Rolland-Cachera et al., 1997).

Somatotipo (n=3): endomorfismo (I), mesomorfismo (II) y ectomorfismo (III).

Proporcionalidad (n=5): índice de masa corporal, longitud relativa de la extremidad superior, Índice còrmico, índice braquial e índice perimetral de extremidades.

Datos parentales (n=4): talla y peso de padre y madre.

Maduración biológica (n=3): desarrollo de los caracteres sexuales secundarios según los estadios de Tanner (Tanner, 1962).

3.2.2.2.1 DIMENSIONES CORPORALES

Talla

Objetivo: valoración de la longitud total del cuerpo.

Descripción: se mide la distancia entre el vértex y la planta de los pies en bipedestación; guardando la posición de atención antropométrica con los talones, glúteos, espalda y región occipital en contacto con el plano vertical del tallímetro. El sujeto estudiado realiza una inspiración profunda en el momento de la medida para compensar el acortamiento de los discos

Intervertebrales. Puede ser ayudado por el antropometrista, que realizará una leve tracción hacia arriba desde el maxilar inferior, manteniendo la cabeza del sujeto estudiado en el plano de Frankfort. Su valoración se realiza en centímetros, con una tolerancia de medida de 3 mm (Ross & Marfell-Jones, 1982).

Talla sentado

Objetivo: valoración de la longitud del tronco y cabeza.

Descripción: se mide la distancia entre el vértex y el plano de sustentación; el cual está sentado con la cabeza en el plano de Frankfort y el tronco erecto. La espalda y la región occipital en contacto con el plano vertical del tallímetro. El sujeto estudiado realiza una inspiración profunda en el momento de la medida. Puede ser ayudado por el antropometrista que realizará una leve tracción hacia arriba desde el maxilar inferior. Su valoración se realiza en centímetros, con una tolerancia de medida de 2 mm (Ross & Marfell-Jones, 1982).

Peso

Objetivo: valoración de la masa corporal del sujeto estudiado.

Descripción: el sujeto estudiado se sitúa en el centro de la báscula, en posición estándar erecta, sin que el cuerpo esté en contacto con nada que tenga alrededor. Su valoración se realiza en kilogramos, con una tolerancia de medida de 0,5 kg (Ross & Marfell-Jones, 1982).

Envergadura

Objetivo: valoración de la envergadura de los miembros superiores.

Descripción: el sujeto estudiado se sitúa apoyado la espalda en la pared, con los pies juntos y los miembros superiores en abducción a la altura de los hombros, formando un ángulo de 90° con el tronco. En el momento de hacer la medida se anima al sujeto estudiado para que alcance la máxima distancia posible entre los puntos dedales medios. Su valoración se realiza en centímetros, con una tolerancia de medida de 2 mm (Ross & Marfell-Jones, 1982).

Alcance

Referencia: Moras, 2002.

Objetivo: valoración de la longitud total entre el punto más elevado alcanzado por las manos y el suelo.

Descripción: el sujeto se coloca enfrente de una pared y extiende los brazos hacia arriba con las manos superpuestas y a la misma altura, intentando llegar al punto más elevado posible sin levantar los talones del suelo. Se registra la distancia entre el suelo y el punto dedal medio de ambas manos. Su valoración se realiza en centímetros.

3.2.2.2.2 LONGITUDES, DIÁMETROS, PERÍMETROS

Longitud de la extremidad superior

Objetivo: valoración de la longitud de la extremidad superior

Descripción: se mide la longitud entre los puntos anatómicos del acromion y el punto dedal medio. La técnica utilizada corresponde a las medidas proyectadas. El antropometrista se sitúa a la derecha del sujeto estudiado, que está erguido en posición de atención antropométrica, y aplica las ramas del paquímetro midiendo: a) la distancia vertical entre el suelo y el punto anatómico del acromion; b) la distancia vertical entre el suelo y el punto anatómico del punto dedal medio. La diferencia entre la primera medición y la segunda, corresponde a la longitud total de la extremidad superior (brazo, antebrazo, mano). Su valoración se realiza en centímetros.

Longitud de la extremidad inferior

Objetivo: valoración de la longitud de la extremidad inferior

Descripción: se mide la longitud entre el punto anatómico del trocánter del fémur y el suelo. La técnica utilizada corresponde a las medidas proyectadas. En este caso, la medida es directa. El antropometrista se sitúa a la derecha del sujeto estudiado, que está erguido en posición de atención antropométrica, y aplica las ramas del paquímetro midiendo la distancia vertical entre el suelo y el punto anatómico del trocánter del fémur. La distancia registrada corresponde a la longitud total de la extremidad inferior (muslo, pierna, pie). Su valoración se realiza en centímetros.

Longitud de la mano

Objetivo: valoración de la longitud de la mano.

Descripción: se mide la longitud entre los puntos anatómicos estiloide y el punto dedal medio. La técnica utilizada corresponde a las medidas proyectadas. El antropometrista se sitúa a la derecha del sujeto estudiado, que está erguido en posición de atención antropométrica, y aplica las ramas del paquímetro midiendo: a) la distancia vertical entre el suelo y el punto anatómico estiloide; b) la distancia vertical entre el suelo y el punto anatómico del punto dedal medio. La diferencia entre la primera medición y la segunda, corresponde a la longitud total de la mano. Su valoración se realiza en centímetros.

Longitud del pie

Objetivo: valoración de la longitud del pie.

Descripción: se mide la longitud entre los puntos anatómicos anterior y posterior del pie. El antropometrista se sitúa a la derecha del sujeto estudiado, y aplica las ramas del paquímetro en los puntos señalados, manteniendo el antropómetro paralelo al eje longitudinal del pie. Su valoración se realiza en centímetros.

Diámetros

Objetivo: valoración de las diferentes anchuras del cuerpo.

Descripción: se mide la distancia tomada en proyección, entre dos puntos anatómicos. El sujeto estudiado mantiene la posición de atención antropométrica. Las dos ramas del antropómetro o compás para grandes diámetros y paquímetro de calibre pequeño se cogen entre el dedo pulgar e índice descansando sobre el dorso de la mano. El dedo medio se utiliza para localizar el punto anatómico deseado. Hay que aplicar una presión firme sobre las ramas para minimizar el espesor de los tejidos blandos. Su valoración se realiza en centímetros, con una tolerancia de medida de 1-2 mm para el diámetro biacromial, diámetro biliaco, diámetro biestiloideo, diámetro transverso de tórax, diámetro anteroposterior de tórax, diámetro bimaleolar de tobillo, y de 1 mm para el diámetro biepicóndileo de húmero y el diámetro bicóndileo de fémur (Ross & Marfell-Jones, 1982).

Biacromial: distancia entre el punto acromial derecho e izquierdo. El antropometrista se sitúa detrás del sujeto estudiado y las ramas del antropómetro miran hacia arriba formando un ángulo de 45° con la horizontal.

Biliaco: distancia entre los puntos anatómicos ileocrestal derecho e izquierdo. El antropometrista se sitúa enfrente o detrás del sujeto estudiado que cruza los brazos por delante para facilitar la medida. Las ramas del antropómetro apuntan hacia arriba formando un ángulo de 45° con la horizontal.

Bitrocantéreo (Lohman et al., 1988): distancia entre la proyección lateral del trocánter mayor del fémur. El antropometrista se sitúa detrás del sujeto estudiado que cruza los brazos por delante para facilitar la medida. Las ramas del antropómetro apuntan hacia arriba formando un ángulo de 45° con la horizontal.

Transverso de tórax: distancia entre el punto más lateral de las costillas, a la altura del punto anatómico mesoesternal. El antropometrista se coloca delante del sujeto estudiado colocando las ramas del paquímetro a 30° de la horizontal. Cabe poner especial atención en no colocar dichas ramas entre los espacios intercostales o bien incluyendo los músculos pectoral y/o dorsal. El registro de la medición se realiza al final de una espiración tidal.

Anteroposterior de tórax: distancia entre el punto anatómico mesoesternal (punto anterior) y la vértebra situada a la misma altura (punto posterior). Para facilitar la medición, se utilizan las ramas curvas del paquímetro. El registro de la medición se realiza al final de una espiración normal.

Biepicóndileo de húmero: distancia entre el epicóndilo y la epitroclea del húmero. El antropometrista se coloca delante del sujeto estudiado que tiene el brazo en horizontal en antepulsión y el antebrazo flexionado a 90° y supinación. Las ramas del paquímetro apuntan hacia arriba en la bisectriz del ángulo recto formado a nivel de codo. La medida es algo oblicua por estar la epitroclea en un plano algo inferior al epicóndilo.

Biestiloideo: distancia entre la apófisis estiloide del radio y del cúbito. El antropometrista está delante del sujeto estudiado que estará sentado con el antebrazo en pronación sobre el muslo y la mano flexionada con la muñeca en un ángulo de unos 90°. Las ramas del paquímetro están dirigidas hacia abajo en la bisectriz del ángulo de la muñeca.

Bicondileo de fémur: distancia entre el cóndilo lateral y medial del fémur. El antropometrista se coloca delante del sujeto estudiado que está con la rodilla flexionada 90°. La rama del calibre pequeño mira hacia abajo en la bisectriz del ángulo recto formado a nivel de la rodilla.

Bmaleolar de tobillo: distancia entre los puntos maleolar tibial y maleolar peroneal. Se tomará con el pie apoyado en el suelo formando un ángulo de 90°. Las ramas del paquímetro se sitúan bajo un plano algo oblicuo, por estar el maleolo peroneal en un plano algo inferior al maleolo tibial.

Perímetros

Se establece una breve reseña de las características comunes a todos los perímetros, para concretar en cada perimetro las peculiaridades de su medida:

Objetivo: valoración de las circunferencias del cuerpo.

Descripción: el sujeto estudiado mantiene la posición de atención antropométrica. El antropometrista tiene la cinta métrica en la mano derecha y el extremo libre en la izquierda. Se ayuda con los dedos para mantener la cinta métrica en la posición correcta, conservando el ángulo recto con el eje del hueso o del segmento que se mida. La cinta se pasa alrededor de la zona que se va a medir, sin comprimir los tejidos blandos, y la lectura se hace en el lugar en el que la cinta se yuxtapone sobre sí misma. Su valoración se realiza en centímetros, con una tolerancia de medida de 1-2 mm (Ross & Marfell-Jones, 1982).

Brazo relajado: perímetro máximo de brazo relajado. El sujeto estudiado se encuentra en posición erecta, con el brazo relajado al lado del cuerpo en ligera abducción. El perimetro del brazo se toma en el punto acromial-radial medio, colocando la cinta antropométrica perpendicularmente al eje del brazo.

Brazo contraído: perímetro máximo de brazo contraído voluntariamente. El sujeto estudiado se encuentra en posición erecta, con el brazo en antepulsión y horizontal. El antebrazo se coloca en supinación completa y a 45° de flexión, aproximadamente. El evaluador se coloca en el lado derecho y animando al sujeto estudiado a "sacar bola" y tensar al máximo los músculos flexores del brazo, toma el máximo perímetro alcanzado.

Antebrazo: perímetro máximo del antebrazo distal a los epicóndilos humerales. El sujeto estudiado sostiene la palma de la mano mirando hacia arriba (antebrazo en supinación), mientras los músculos del antebrazo se mantienen relajados. El evaluador coloca la cinta antropométrica en el punto máximo de la circunferencia.

Muñeca: perímetro menor de la región distal de la zona estiloidal. El sujeto estudiado coloca el brazo derecho estirado, supinando el antebrazo y relajando la mano.

Mesoesternal: medida de la circunferencia que rodea el tórax a nivel de la cuarta articulación condroesternal. El sujeto estudiado eleva los brazos ligeramente para que el antropometrista, situado en su lado derecho, coloque la cinta alrededor del tórax manteniéndola perpendicular al

eje longitudinal del cuerpo. El sujeto estudiado vuelve a la posición estándar y se toma la medida al final de una espiración tidal.

Cintura: perímetro más estrecho registrado entre del borde del costal inferior y la cresta iliaca. El registro de la medición se realiza al final de una espiración tidal. El antropometrista mantiene la cinta perpendicular al tronco.

Glúteo: perímetro situado al nivel de la mayor protuberancia posterior, aproximadamente a nivel del pubis. El sujeto estudiado está de pie, con los pies juntos, y sin contraer los músculos de los glúteos de forma voluntaria. El antropometrista mantiene la cinta perpendicular al tronco.

Muslo: perímetro situado en el punto medio trocantéreo-tibial. El sujeto estudiado está de pie con los pies ligeramente separados y el peso distribuido igualmente. El antropometrista mantiene la cinta perpendicular al eje longitudinal del fémur, situándose al lado derecho.

Pierna: perímetro localizado en la máxima circunferencia de la pierna. El sujeto estudiado está de pie, con los pies ligeramente separados y el peso distribuido igualmente. El antropometrista mantiene la cinta perpendicular al eje longitudinal de la pierna. Se toman varias medidas a diferentes niveles de la pierna, hasta localizar el perímetro máximo.

Tobillo: perímetro correspondiente a la mínima circunferencia de la pierna por encima del maleolo tibial. El sujeto estudiado está de pie, con los pies ligeramente separados y el peso distribuido igualmente. El antropometrista mantiene la cinta perpendicular al eje longitudinal de la pierna. Se toman varias medidas hasta localizar el perímetro mínimo.

Cefálico: perímetro de la cabeza localizado inmediatamente por encima de la glabella. El sujeto estudiado sitúa la cabeza en el plano de Frankfort. La cinta antropométrica se coloca perpendicularmente al eje de la cabeza, salvando las orejas y apretándola para comprimir el cabello.

Cuello: perímetro del cuello que se localiza en el borde superior del cartílago tiroidal. El sujeto estudiado sitúa la cabeza en el plano de Frankfort. La cinta antropométrica se coloca perpendicularmente al eje del cuello, lo cual significa que no se disponga necesariamente en un plano horizontal.

3.2.2.2.3 PLIEGUES CUTÁNEOS

Se establece una breve reseña de las características comunes a todos los pliegues, para concretar en cada pliegue las peculiaridades de su medición:

Objetivo: valoración del grosor de los diferentes pliegues.

Descripción: el sujeto estudiado mantiene la posición de atención antropométrica. El antropometrista, en el sitio marcado para cada pliegue, atrapa firmemente con el dedo índice y pulgar de la mano izquierda las dos capas de piel y tejido adiposo subcutáneo y mantendrá el compás con la mano derecha perpendicular al pliegue, observando el sentido del pliegue en cada

punto anatómico. La cantidad de tejido elevado es suficiente para formar un pliegue de lados paralelos. Nunca se atrapa músculo en el pliegue y una buena técnica para comprobarlo, es indicarle al sujeto estudiado que realice una contracción de los músculos de la zona cuando se coge el pliegue. Se libera el pliegue y se vuelve a realizar la toma válida con la musculatura relajada. El compás de pliegues cutáneos se aplica a un centímetro de distancia de los dedos que toman el pliegue, el cual se mantiene atrapado durante toda la toma y la lectura se realiza aproximadamente a los dos segundos después de la aplicación del adipómetro, cuando el descenso de la aguja del mismo se ralentiza. Para obtener una medida fiable se recomienda efectuar tres mediciones de forma no consecutiva, y registrar el valor central o mediana de los valores obtenidos. Los pliegues se miden en el lado derecho del sujeto estudiado. Su valoración se realiza en milímetros, con una tolerancia de medida de un 5 % (Ross & Marfell-Jones, 1982).

Tricipital: localizado en el punto medio acromio-radial, en la parte posterior del brazo. El pliegue es vertical y corre paralelo al eje longitudinal del brazo.

Subescapular: localizado en el ángulo inferior de la escápula en dirección oblicua hacia abajo y hacia fuera, formando un ángulo de 45° con la horizontal. Para realizar esta medida, se palpa el ángulo inferior de la escápula con el pulgar izquierdo, en este punto hacemos coincidir el dedo índice y desplazamos hacia abajo el dedo pulgar rotándolo ligeramente en sentido horario, para así tomar el pliegue en la dirección descrita.

Bicipital: localizado en el punto medio acromio-radial, en la parte anterior del brazo. El pliegue es vertical y corre paralelo al eje longitudinal del brazo.

Pectoral: localizado en la línea axilar-pezones, en la parte más proximal posible. El pliegue es oblicuo en dirección hacia abajo.

Axilar medio: localizado en la línea axilar media (altura de la 5ª costilla). El pliegue es vertical.

Ileocrestal: localizado justo encima de la cresta ilíaca en la línea medio-axilar. El pliegue corre hacia delante y hacia abajo formando un ángulo de 45° con la horizontal. Para facilitar la toma de esta medida, el sujeto estudiado sitúa la mano derecha a través del pecho.

Supraespinal: localizado en la intersección entre las líneas pliegue axilar – espina ilíaca y línea horizontal a la altura de la cresta ilíaca. El pliegue es oblicuo en un ángulo de 45°, siguiendo la línea de tensión de la piel.

Abdominal: localizado lateralmente a la derecha de la cicatriz umbilical (3-5 cm). El pliegue es vertical y corre paralelo al eje longitudinal del cuerpo.

Muslo anterior: localizado en el punto medio de la línea que une el pliegue inguinal y borde proximal de la rótula, en la cara anterior del muslo. El pliegue es longitudinal y corre a lo largo del eje mayor del fémur. El sujeto estudiado está sentado apoyando los pies en el suelo y formando sus rodillas un ángulo de 90°. Si el antropometrista tiene dificultades en la toma de este pliegue, el sujeto estudiado puede sostener con ambas manos su muslo en esta posición o contar con la ayuda de otro antropometrista que atrapará con sus dos manos el pliegue.

Pierna medial: localizado a nivel de la máxima circunferencia de la pierna, en su cada medial. Es vertical y corre paralelo al eje longitudinal de la pierna. El sujeto estudiado está con la rodilla flexionada en ángulo recto y el pie colocado sobre un banco.

3.2.2.2.4 COMPOSICIÓN CORPORAL

Sumatorio de 6 pliegues

Referencia: Carter, 1982.

Objetivo: valoración de la cantidad de tejido adiposo.

Descripción: sumatorio de los pliegues tricipital, subescapular, supraespinal, abdominal, muslo anterior y pierna medial. Su valoración se realiza en milímetros.

Masa grasa

Referencia: Slaughter et al., 1988; Claessens et al., 2001.

Objetivo: valoración de la cantidad de masa grasa (MG) y de la masa libre de grasa (MLG).

Descripción: debido a la no existencia de fórmulas validadas para la estimación de la composición corporal en jóvenes gimnastas masculinos, se siguieron las recomendaciones de Claessens et al. (2001), quienes proponen la ecuación de Slaughter et al. (1988) para estimar la composición corporal en gimnastas. La MG se expresa en porcentaje del peso del sujeto y la MLG en kg. La ecuación para varones es (Slaughter et al., 1988):

$$\%MG = (0,735 \cdot \Sigma 2PC) + 1,0 \quad (\text{Eq. 2})$$

donde $\Sigma 2PC$ (mm) = pliegue tricipital + pliegue medial de la pierna

Masa muscular

Referencia: Poortmans et al., 2005.

Objetivo: valoración de la cantidad de masa muscular (MM).

Descripción: ecuación validada mediante absorciometría dual de rayos X (DXA) por Poortmans et al. (2005) para estimar la totalidad de la MM en la infancia y la adolescencia ($R^2=0,966$; $p<0,001$), adaptada de la fórmula desarrollada por Lee y colaboradores (2000):

$$MM \text{ (kg)} = h \cdot [(0,0064 \cdot PCB^2) + (0,0032 \cdot PCM^2) + (0,0015 \cdot PCP^2)] + (2,56 \cdot \text{Sexo}) + (0,136 \cdot \text{Edad}) \quad (\text{Eq. 3})$$

donde MM (kg) = masa muscular (se expresa en % del peso total)
 h (m) = talla
 PCB (cm) = perímetro corregido del brazo
 PCM (cm) = perímetro corregido del muslo
 PCP (cm) = perímetro corregido de la pierna medial
 Sexo = valor "0" para mujeres y "1" para hombres
 Edad (años)

Masa ósea

Referencia: Rocha, 1975.

Objetivo: valoración de la cantidad de tejido óseo.

Descripción: se utiliza la fórmula de Von Döbeln (1964) modificada por Rocha (1975).

$$\text{Peso óseo (kg)} = 3,02 \cdot (T^2 \cdot DE \cdot DBF \cdot 400)^{0,712} \quad (\text{Eq. 4})$$

donde T (m) = talla
 DE (m) = diámetro estiloideo
 DBF (m) = diámetro bicondíleo de húmero

Masa residual

Referencia: Würch, 1974.

Objetivo: valoración del de peso residual, equivalente a la masa total menos las masas grasa, muscular y ósea.

Descripción: se estima asumiendo que, en varones, la masa residual equivale al 24,1% de la masa total (Würch, 1974):

$$\text{Peso residual (kg)} = (PT \cdot 24,1) / 100 \quad (\text{Eq. 5})$$

donde PT (kg) = peso total

Áreas corporales

Referencia: Gurney & Jelliffe, 1973; Rolland-Cachera et al., 1997.

Objetivo: valoración del área grasa y muscular de brazo y muslo.

Descripción: se siguen las recomendaciones realizadas por Rolland-Cachera et al., (1997) que, en base a un estudio de validación mediante resonancia magnética, proponen una adaptación de la fórmula de Gurney & Jelliffe (1973) para determinar ambas variables en niños y adolescentes:

$$\text{AMG} = \text{PB} \cdot (\text{PT} / 2) \quad (\text{Eq. 6})$$

donde AMG (cm²) = área de masa grasa
 PB (cm) = perímetro del brazo
 PT (cm) = pliegue tricúspital

$$\text{AMM} = [\text{PB}^2 / (4\pi)] - \text{AMG} \quad (\text{Eq. 7})$$

donde AMM (cm²) = área de masa muscular
 PB (cm) = perímetro del brazo
 AMG (cm²) = área de masa grasa

Para el cálculo de ambas áreas en el muslo, se substituyen los valores del perímetro del brazo y el pliegue tricúspital por los específicos de este segmento (Rolland-Cachera et al., 1997).

3.2.2.2.5 SOMATOTIPO

Referencia: Carter, 1975.

Objetivo: describir numéricamente la morfología del individuo en el momento de ser estudiado, mediante mediciones antropométricas (somatotipo antropométrico de Heath y Carter).

Descripción: para el cálculo del somatotipo antropométrico son necesarias las siguientes medidas: talla, peso, pliegues cutáneos tricipital, subescapular, supraespal, pierna medial, diámetro epicondileo de humero y bicondileo de fémur, perímetro del brazo contraído y de la pierna medial. El somatotipo está formado por tres componentes: primer componente o endomórfico (I), segundo componente o mesomórfico (II) y tercer componente o ectomórfico (III). Su valoración se realiza a través de un análisis bidimensional (coordenadas X e Y) o bien tridimensional (X, Y, Z). Para efectuar el análisis bidimensional se requiere la conversión previa de los tres componentes en unidades X e Y, en donde la proporción X:Y es 3:1, según las siguientes ecuaciones:

$$X = III - I \quad (\text{Eq. 8})$$

donde $III = \text{componente ectomórfico}$
 $I = \text{componente endomórfico}$

$$X = 2II \cdot (III + I) \quad (\text{Eq. 9})$$

donde $II = \text{componente mesomórfico}$
 $III = \text{componente ectomórfico}$
 $I = \text{componente endomórfico}$

El punto resultante en estas dos coordenadas se denomina somatopunto y se representa en la somatocarta. Dicha somatocarta consiste en un triángulo equilátero de lados curvos que corresponden a los arcos de circunferencia con centro en el vértice del triángulo primitivo. Las bisectrices de los ángulos coinciden con los tres ejes de la misma que se cortan en el mismo centro formando ángulos de 120° y representan cada uno, un componente de la somatocarta. En el exterior del triángulo figuran los valores numéricos de las coordenadas X e Y, coincidiendo con el punto centro del triángulo con el valor 0 de las dos coordenadas. En las ordenadas los valores van de +16 a -10 y en las abscisas de -9 a +9. El vértice izquierdo del triángulo es el vértice del endomorfismo y sus coordenadas son $X = -6, Y = -6$. El vértice superior es el vértice de la mesomorfia y sus coordenadas son $X = 0, Y = +12$. Por último el vértice de la derecha es el vértice de la ectomorfia y sus coordenadas son $X = +6, Y = -6$. La clasificación del somatotipo depende del predominio de uno u otro componente (Carter, 1975).

Endomorfismo o primer componente (I): indica la influencia de la masa grasa en la configuración morfológica del individuo. Su cálculo se realiza mediante la siguiente ecuación (Carter, 1975):

$$(I) = -0,7182 + (0,1451 \cdot \Sigma 3PC) + (0,00068 \cdot \Sigma 3PC^2) + (0,0000014 \cdot \Sigma 3PC^3) \quad (\text{Eq. 10})$$

donde $\Sigma 3PC$ (mm) = sumatorio de pliegues cutáneos (tricipital, subescapular, supraespal)

Mesomorfismo o segundo componente (II): indica la influencia del desarrollo músculo-esquelético en la configuración morfológica del individuo. El cálculo de este componente se realiza a través de la siguiente fórmula (Carter, 1975):

$$(II) = (0,858 \cdot DBH) + (0,601 \cdot DBF) + (0,188 \cdot PCb) + (0,161 \cdot PCp) - (0,131 \cdot T) + 4,5 \quad (Eq. 11)$$

donde DBH (cm) = diámetro biepicondileo de húmero
 DBF (cm) = diámetro bicondileo de fémur
 PCb = perímetro corregido de brazo: (A - B)
 A (cm) = perímetro de brazo contraído
 B (cm) = pliegue tricipital
 PCp = perímetro corregido de pierna: (A' - B')
 A' (cm) = perímetro de pierna
 B' (cm) = pliegue pierna medial
 T (cm) = talla

Ectomorfismo o tercer componente (III): indica la influencia de la linealidad relativa en la configuración morfológica del individuo. El cálculo de este componente precisa de dos pasos (Carter, 1975):

a) cálculo del índice ponderal (IP);

donde T (cm) = talla
 P (kg) = peso

$$IP = T / \sqrt[3]{P} \quad (Eq. 12)$$

b) determinación de la fórmula ajustada al IP;

Si el IP > 40,75	Si el IP ≤ 40,75 y > 38,28	Si el IP ≤ 38,28	(Eq. 13)
III = (IP · 0,732) - 28,58	III = (IP · 0,463) - 17,63	III = 0,1	

3.2.2.2.6 PROPORCIONALIDAD

Referencia: Ross & Wilson, 1974.

Objetivo: describir la relación que se establece entre distintas partes del cuerpo humano.

Descripción: se utiliza el índice de masa corporal como indicador genérico de proporcionalidad corporal. Se utilizan los principales índices antropométricos relacionados con el rendimiento deportivo recomendados por Norton & Olds (1996). Se propone, en base a estudios sobre la valoración de índices antropométricos asociados al rendimiento gimnástico (Rozin, 1974; Nelson, 1974), un nuevo índice que relaciona el perímetro del muslo medial con el perímetro del brazo contraído (índice perimetral de extremidades).

Índice de masa corporal (IMC): indica la relación entre la talla (m) y el peso corporal (kg). La valoración se efectúa en kilogramos/metro², a través de la siguiente fórmula (Quetelet, 1835):

donde P (kg) = peso
 T (m) = talla

$$IMC = P / T^2 \quad (Eq. 14)$$

Longitud relativa de la extremidad superior (LRES): indica la relación entre la longitud total de la extremidad superior (cm), es decir, desde el punto acromial hasta el dactylion, y la talla (cm). La escala para clasificar a los individuos se establece de la siguiente forma (Vallois, 1965):

Braquibraquial: (extremidades superiores cortas) ≤ 44,9
 Mesobraquial: (extremidades superiores intermedias) 45,0 – 46,9
 Macrobraquial: (extremidades superiores largas) ≥ 47,0

$$LRES = (L_{es} / T) \cdot 100 \quad (Eq. 15)$$

donde L_{es} (cm) = longitud de la extremidad superior
 T (cm) = talla

Índice córmico (IC): indica la relación entre la talla sentado (cm) y la talla (cm). Fue utilizado por primera vez por Topinard (1870), actualizada su escala de clasificación por Giuffrida-Ruggeri (1907), posteriormente por Vallois (1965). El GREC, en base a la propuesta de Comas (1957), propone la siguiente clasificación (Pacheco, 1993):

	Varones	Mujeres
Braquicórmico (tronco corto): ≤ 51,0 ≤ 52,0
Metricórmico (tronco medio): 51,1 – 53,0 52,1 – 54,0
Macrocórmico (tronco largo): ≥ 53,1 ≥ 54,1

$$IC = (T_s / T) \cdot 100 \quad (Eq. 16)$$

donde T_s (cm) = talla sentado
 T (cm) = talla

Índice braquial (IB): indica la relación entre el antebrazo, o la distancia en cm entre los puntos anatómicos radial y estilóideo, y el brazo, o la distancia en cm entre los puntos acromial y radial (Vallois, 1965).

$$IB = (L_{ab} / L_b) \cdot 100 \quad (Eq. 17)$$

donde L_{ab} (cm) = longitud antebrazo
 L_b (cm) = longitud del brazo

La clasificación de los individuos se establece mediante la siguiente escala (Vallois, 1965):

Braquípico (antebrazo corto): ≤ 77,9
 Metrópico (antebrazo medio): 78,0 – 82,9
 Macrópico (antebrazo largo): ≥ 83,0

Índice perimetral de extremidades (IPE): indica la relación entre el perímetro del muslo medial y el perímetro del brazo contraído. Si la proporción responde a una relación 1:1, el valor resultante será 100% y ambos perímetros serán iguales. La diferencia entre ambos perímetros registrará valores porcentuales inferiores al 100% si el perímetro del brazo contraído es menor al perímetro del muslo medial (IPE < 100). En caso contrario, IPE > 100.

$$\text{IPE} = (P_b / P_m) \cdot 100$$

(Eq. 18)

donde P_b (cm) = *perímetro del brazo contraído*
 P_m (cm) = *perímetro del muslo medial*

3.2.2.2.7 DATOS PARENTALES

Referencia: Malina et al., 1970.

Objetivo: valoración de la talla y el peso de ambos progenitores.

Descripción: se mide la talla (cm) y el peso (kg) de padres y madres siguiendo la metodología descrita anteriormente.

3.2.2.2.8 EDAD CRONOLÓGICA

Referencia: Tanner, 1962.

Objetivo: valoración de la edad cronológica decimal.

Descripción: se pregunta la fecha de nacimiento a los gimnastas y se calcula su edad decimal en el momento de realizar la valoración. Para ello se ha utilizado una hoja de cálculo para restar la fecha de nacimiento a la fecha de la valoración (dd/mm/aaaa) y dividir el resultado entre 365,24 (días). Se expresa en años, con un decimal.

3.2.2.2.9 MADURACIÓN SEXUAL

Referencia: Tanner, 1962.

Objetivo: valoración del grado de maduración en base a los caracteres sexuales secundarios.

Descripción: se observa mediante inspección el tamaño y desarrollo de los genitales y el vello púbico, comparándolo con dos tablas de valoración donde se ilustran los diferentes estadios. Se establecen cinco estadios para cada valoración:

a) Desarrollo genital

G1: los testículos y el escroto son del mismo tamaño y forma que los del niño; **G2:** ampliación de los testículos; la piel del escroto adquiere un tono rojizo y se vuelve más delgada y arrugada; el pene empieza a desarrollarse; **G3:** aumento de tamaño del pene, crecimiento de los testículos y descenso del escroto; **G4:** continúa el alargamiento del pene y la formación del glande; continúa la pigmentación del escroto; esta etapa puede definirse como "casi adulto"; y **G5:** etapa adulta; el escroto se amplía y el pene llega casi hasta la parte inferior del escroto.

b) Vello púbico

PH1: ausente; **PH2:** escaso y poco pigmentado; **PH3:** más abundante, pigmentado y rizado; **PH4:** forma un triángulo de base superior (no se extiende por los muslos); **PH5:** se extiende a la cara interna de los muslos; y **PH6:** el vello púbico se desarrolla por la línea alba.

3.2.2.3 VALORACIÓN DE LA CONDICIÓN FÍSICA GENERAL

Se utilizó el conjunto de pruebas que conforman la Batería Eurofit, propuesta por el Consejo de Europa para la valoración de la condición física de niños y jóvenes europeos (Council of Europe, 1988): a) carrera de ida y vuelta o "course navette"; b) equilibrio del flamenco; c) golpeo de placas; d) flexión de tronco adelante o "sit-and-reach"; e) salto de longitud adelante sin impulso; f) dinamometría manual; g) abdominales en 30 segundos; h) suspensión con flexión de brazos; e i) carrera de ida y vuelta 10 x 5 m.

3.2.2.3.1 BATERÍA EUROFIT

Prueba de aptitud cardiorrespiratoria ("course navette")

Factor: resistencia cardiorrespiratoria. Estimación del consumo máximo de oxígeno ($VO_2\max$).

Descripción: se trata de una prueba máxima y progresiva de aptitud cardiorrespiratoria en la cual el sujeto comienza la prueba andando y la finaliza corriendo, desplazándose de un punto a otro situado a 20 m de distancia y haciendo el cambio de sentido al ritmo indicado por una señal sonora que va acelerándose progresivamente a cada 60 segundos. El momento en el que el individuo interrumpe la prueba es el que indica su resistencia cardiorrespiratoria. Existe un solo intento y su valoración se realiza en estadios. Para la estimación posterior del $VO_2\max$ se utiliza la fórmula validada para niños y adolescentes de entre 8 y 19 años (Van Mechlen et al., 1986; Leger et al., 1988):

$$VO_2\max (\text{mL}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}) = 31,025 + (3,238V) - (3,248E) + (0,1536VE) \quad (\text{Eq. 19})$$

donde $V (\text{km}\cdot\text{h}^{-1})$ = velocidad final alcanzada en el test (Tabla 3.7)
 E (años) = edad

Tabla 3.7. Velocidad para cada estadio en la "course navette" (Council of Europe, 1988).

Estadios	Velocidad ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)
1	8
2	9
3	9,5
4	10
5	10,5
6	11
7	11,5
8	12
9	12,5
10	13
11	13,5
12	14
13	14,5
14	15
15	15,5
16	16
17	16,5
18	17
19	17,5
20	18
21/23	18,5

Prueba de equilibrio del flamenco

Factor: equilibrio general.

Descripción: equilibrio en apoyo de un pie sobre una barra de un eje central de 50 x 3 x 4 cm (largo x ancho x alto) y que en los extremos tiene dos estructuras perpendiculares a dicho eje central de 15 x 2 x 4 cm. El apoyo del pie se realiza de forma longitudinal con cualquiera de los dos pies. El sujeto sube a la barra e intenta mantener el equilibrio durante un minuto en la siguiente posición: la extremidad inferior libre debe estar flexionada sujetándose el dorso del pie por detrás con la mano del mismo lado. El brazo libre ayuda al mantenimiento de la posición. La prueba da comienzo en el momento en que el sujeto inicia dicha posición. Cada vez que éste pierde el equilibrio (se cae o bien pierde la posición liberando el brazo que sujeta el pie) se interrumpe la prueba, momento en el cual el examinador debe ayudar al ejecutante a adquirir, de nuevo, la posición de equilibrio. Después de cada interrupción se repite el mismo procedimiento de salida hasta completar el tiempo restante. Se realiza la prueba una vez contabilizando el número de ensayos (no caídas) que necesitó el ejecutante para completar 1 minuto.

Prueba de golpeo de placas

Factor: velocidad de movimiento de un miembro.

Descripción: situarse de pie, delante de una mesa dispuesta a tal efecto, con los pies ligeramente separados. Colocar una mano en el centro de la placa rectangular, disponiendo la mano preferida sobre el disco del lado opuesto. Mover dicha mano de un disco a otro, lo más rápido posible, sobre la mano que está en el centro. Es necesario tocar el disco cada vez. Deben de ejecutarse 25 ciclos lo más rápidamente posible. La prueba se realiza dos veces (se permite, además, un intento previo) contabilizando el menor tiempo, en segundos, como el resultado de la prueba. Suponiendo que el ejecutante sitúa inicialmente la mano sobre el disco "A" el cronómetro se para cuando vuelva tocar este disco 25 veces. Así, el número total de golpes sobre el disco "A" y el disco "B" asciende a 50 golpes, o 25 ciclos entre "A" y "B".

Prueba de flexión de tronco o "Sit-and-reach"

Factor: flexibilidad general multiarticular

Descripción: desde la posición de sentado frente a un cajón (35 x 45 x 32 cm) donde la tapa superior posee unas dimensiones de 55 x 45 cm (posee una regleta a modo de indicador de marca en cm), el sujeto debe flexionar el tronco adelante intentando llegar lo más lejos posible apoyando la planta de los pies en su parte frontal y la punta de los dedos de las manos en el borde de la tapa. Se deben mantener en todo momento las rodillas extendidas de forma que se empuje la regleta de forma progresiva sin movimientos bruscos. Finalmente, y tras un momento de breve pausa de al menos 2 segundos, se anota la máxima distancia alcanzada (cm). Si los dedos de

ambas manos no están a la misma altura, se anota la distancia media alcanzada por la punta de los dedos de cada mano. La prueba se realiza dos veces y contabiliza el mejor resultado.

Prueba de salto de longitud sin impulso

Factor: fuerza explosiva.

Descripción: situarse de pie, con los pies separados a una distancia normal y justo detrás de la línea de salida. Flexionar las rodillas al tiempo que se llevan los brazos hacia adelante. Mediante un fuerte impulso, saltar hacia delante lo más lejos posible. Se permite la ayuda de los brazos. Se debe recepcionar con pies juntos, sin perder el equilibrio. La distancia se mide en centímetros, desde el punto de contacto más retrasado de la parte trasera del talón, hasta la línea de salida. Si el ejecutante cae hacia atrás o toca el suelo con cualquier parte del cuerpo, puede realizar otro intento. La prueba se realiza dos veces y se contabiliza el mejor resultado.

Prueba de dinamometría manual

Factor: fuerza isométrica máxima (presión de dedos).

Descripción: se sujeta el dinamómetro con la mano dominante y a la voz de ya, se aplica la mayor fuerza de presión posible durante dos segundos. En todo momento el dinamómetro debe mantenerse alejado del cuerpo (en línea con el antebrazo y suspendido lateralmente), resultando importante ajustarlo previamente a la mano del ejecutante (distancia de presa inicial a la altura de la primera falange del dedo corazón). La valoración se realiza en kilogramos. Se realiza la prueba dos veces y se contabiliza el mejor resultado.

Prueba abdominal o "Sit-ups" en 30 segundos

Factor: fuerza-resistencia muscular abdominal.

Descripción: desde la posición de tumbados, realizar en 30 segundos de tiempo, el mayor número posible de descensos y elevaciones de tronco. El ejecutante se sentará en una colchoneta dispuesta a tal efecto, con el tronco vertical y las manos atrás agarradas detrás de la nuca, rodillas flexionadas 90° y la planta de los pies apoyados sobre la colchoneta. El examinador se sitúa delante, sentado frente al ejecutante, fijando sus piernas. A continuación, debe apoyar la espalda y los hombros sobre la colchoneta y retornar a la posición de sentado con los codos hacia delante para tocar las rodillas. Se debe contar en voz alta el número de movimientos completos y correctos realizados por el ejecutante. Por movimiento completo se entiende pasar de la posición de sentado a la de tendido con apoyo de los hombros en la colchoneta y volver a la de sentado tocando las rodillas con los codos. Se da por válido un movimiento en el momento en que los codos tocan las rodillas. Si en ese momento no se cuenta un movimiento más, significa que éste no ha sido realizado correctamente. La valoración de la prueba se realiza contabilizando el número de repeticiones realizadas correctamente.

Prueba de suspensión con flexión de brazos

Factor: fuerza funcional (fuerza-resistencia muscular de las extremidades superiores).

Descripción: la prueba consiste en mantener el máximo tiempo posible los brazos flexionados en suspensión (presa palmar a una distancia entre manos igual a la anchura de hombros) en una barra horizontal de 2,5 cm de diámetro (barbilla por encima sin apoyarse en la barra). La prueba se inicia en el momento en que el examinador, tras confirmar la correcta colocación del sujeto, activa el cronómetro. La prueba se detiene cuando el nivel de los ojos del ejecutante desciende por debajo de la barra. El protocolo indica la no posibilidad de informar acerca del tiempo transcurrido durante la prueba. Se permite utilizar un banco para alcanzar la barra así como aplicarse magnesita en las manos. Existe un único intento. La valoración se realiza en segundos.

Prueba de carrera de ida y vuelta 10 x 5 metros

Factor: velocidad / agilidad.

Descripción: se trata de una carrera a máxima velocidad de ida y vuelta en una distancia comprendida entre 5 metros. El sujeto debe situarse en posición de preparado, situando el pie más avanzado justo detrás de una de las dos líneas. A la señal, correr lo más rápido posible hasta la otra línea, rebasarla con ambos pies y volver a velocidad máxima hasta la línea de salida. Esta fase constituye un ciclo. Se deben efectuar cinco ciclos seguidos. La prueba se realiza una sola vez. Se registra el tiempo transcurrido al realizar los cinco ciclos (segundos).

3.2.2.4 VALORACIÓN DE LA CONDICIÓN FÍSICA ESPECÍFICA

3.2.2.4.1 FLEXIBILIDAD

En este apartado se hace referencia a las diferentes pruebas de flexibilidad ubicadas dentro de esta valoración (Tabla 3.9), describiéndolas, estableciendo sus objetivos y señalando aquellos aspectos que deben contemplarse con especial atención (Moras, 2002). Más allá del protocolo descrito, se establece en todas un periodo de calentamiento previo e individual, donde cada gimnasta deberá prepararse para desarrollar su máximo rendimiento.

Todos los test utilizados para la valoración de la flexibilidad en el presente estudio se realizan mediante métodos indirectos siguiendo la propuesta trigonométrica de Moras (2002), el cual valida un índice corrector para cada uno de éstos. De todos ellos, no se han hallado estudios sobre su fiabilidad en los siguientes casos: a) extensión de hombros con bastón (retroversión); b) elevación frontal y elevación lateral de la pierna desde la posición de erguido; e) flexión de tronco. Pese a ello, se decide incluir los por ser considerados habilidades técnicas específicas, implícitamente manifiestas en el proceso de entrenamiento gimnástico. Asimismo, en dichos casos se procede a efectuar el análisis de su fiabilidad (apartado 4.4.1.5). En la Tabla 3.8 se muestra un resumen de algunos de los estudios hallados sobre fiabilidad del resto de test indirectos utilizados:

Tabla 3.8. Fiabilidad de los tests indirectos de flexibilidad incluidos en el presente estudio.

Test	Fiabilidad	Referencia
<i>Flexión de hombros con bastón (anteversión)</i>	$r=0,93$	Johnson & Nelson, 1979a
<i>Giro de hombros con pica en anteversión</i>	$r=0,97$	Johnson & Nelson, 1979a
	$r=0,96$	Moras, 2002
<i>Giro de hombros con pica retroversión</i>	$r=0,97$	Johnson & Nelson, 1979a
	$r=0,96$	Moras, 2002
<i>Elevación frontal pierna (posición de inicio: decúbito prono)</i>	$r=0,91$	Johnson, 1978
	$r\geq 0,97$	Moras, 2002
<i>Espagat lateral</i>	$r=0,92$	Johnson, 1978
<i>Espagat frontal</i>	$r=0,91$	Johnson & Nelson, 1979a
<i>Puente</i>	$r=0,97$	Johnson & Nelson, 1979a

Tabla 3.9. Tests realizados en relación a las manifestaciones de la flexibilidad (Moras, 2002).

		FLEXIBILIDAD	
		ESTÁTICA	DINÁMICA
ACTIVA	<i>Flexión de hombros con bastón (anteversión)</i>		<i>Giro de hombros con pica (anteversión)</i>
	<i>Extensión de hombros con bastón (retroversión)</i>		<i>Giro de hombros con pica (retroversión)</i>
	<i>Elevación frontal de la extremidad inferior</i>		
	<i>Elevación lateral de la extremidad inferior</i>		
PASIVA	<i>Espagat lateral (abducción)</i>		
	<i>Espagats frontales (plano sagital)</i>		
	<i>Flexión de tronco</i>		
	<i>Puente</i>		

Giro de hombros con bastón en anteversión

Factor: flexibilidad de la articulación del hombro en todo su recorrido (anteversión).

Descripción: se sitúa al gimnasta de pie sujetando con las dos manos un bastón por delante del cuerpo (presa dorsal). Éste debe pasar el bastón por encima de la cabeza y hacia atrás hasta llegar a la espalda. No se pueden doblar los brazos ni perder contacto de toda la palma de la mano con el bastón. El resultado del test es la mínima distancia entre ambos lados externos de la mano, es decir, el lado externo del quinto metacarpiano. Su valoración se realiza en grados, a partir del cálculo del ángulo (funciones trigonométricas), en base a la longitud del brazo (Lb), al resultado del test (Ds), y a la anchura de los hombros (Ah).

Aspectos a valorar: como precaución se debe iniciar la prueba cogiendo el bastón con una separación cómoda y progresivamente cerrar las manos hasta encontrar el límite. Restar el resultado del test (D_s) y la anchura de los hombros (A_h) supone eliminar la influencia de éste parámetro en el resultado final, pero la longitud de brazos (L_b) continúa teniendo una clara influencia en el ángulo final. Así, la expresión del índice como cociente entre D_s y A_h tiene un tratamiento parecido, aunque en éste caso, al existir una elevada relación entre la longitud del brazo y la anchura de hombros (Moras, 2002), se produce una baja distorsión debido a dichos aspectos morfológicos (Figura 3.1).

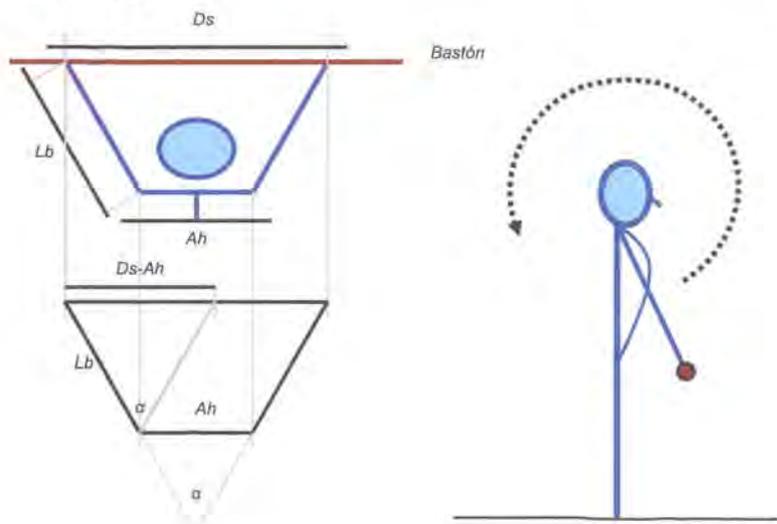


Figura 3.1. Giro de hombros con bastón en anteversión (L_b = longitud brazos; D_s = distancia de separación entre manos; A_h = anchura de hombros; α = ángulo).

$$\text{Índice } \alpha = 2 \arcsin [D_s - A_h / (2L_b)] \quad (\text{Eq. 20})$$

donde α ($^\circ$) = ángulo (giro de hombros en anteversión)
 D_s (cm) = distancia de separación entre manos
 A_h (cm) = diámetro biacromial
 L_b (cm) = longitud de la extremidad superior

Giro de hombros con bastón en retroversión

Factor: flexibilidad de la articulación del hombro en todo su recorrido (retroversión).

Descripción: se sitúa al gimnasta de pie, sujetando con las dos manos un bastón por detrás del cuerpo (presa palmar). Éste debe pasar el bastón por encima de la cabeza y hacia adelante hasta llegar a las extremidades inferiores. No se pueden doblar los brazos ni perder contacto de toda la palma de la mano con el bastón. El resultado del test es la mínima distancia entre ambos lados externos de la mano, es decir, el lado externo del segundo metacarpiano. Su valoración se realiza en grados a partir del cálculo del ángulo (funciones trigonométricas), en base a la longitud del brazo (L_b), al resultado del test (D_s), y a la anchura de los hombros (A_h).

Aspectos a valorar: como precaución se debe iniciar la prueba cogiendo el bastón con una separación cómoda y progresivamente cerrar las manos hasta encontrar el límite. Restar el resultado del test (D_s) y la anchura de los hombros (A_h) supone eliminar la influencia de éste parámetro en el resultado final, pero la longitud de brazos (L_b) continúa teniendo una clara influencia en el ángulo final. Así, la expresión del índice como cociente entre D_s y A_h tiene un tratamiento parecido, aunque en éste caso, al existir una elevada relación entre la longitud del brazo y la anchura de hombros (Moras, 2002), se produce una baja distorsión debido a dichos aspectos morfológicos (Figura 3.2).

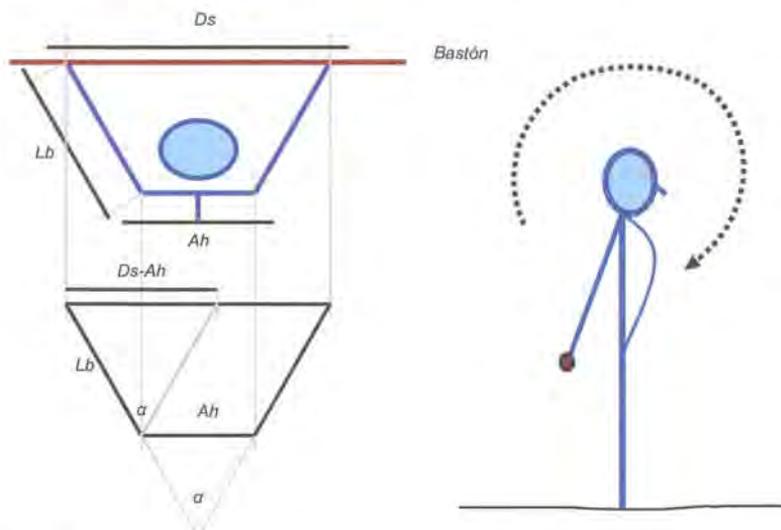


Figura 3.2. Giro de hombros con bastón en retroversión (L_b = longitud brazos; D_s = distancia de separación entre manos; A_h = anchura de hombros; α = ángulo).

$$\text{Índice } \alpha = 2 \arcsen \left[\frac{D_s - A_h}{2L_b} \right] \quad (\text{Eq. 21})$$

donde α (°) = ángulo (giro de hombros en retroversión)
 D_s (cm) = distancia de separación entre manos
 A_h (cm) = diámetro biacromial
 L_b (cm) = longitud de la extremidad superior

Flexión de hombros con bastón (anteversión)

Factor: flexibilidad de la articulación del hombro en flexión.

Descripción: se sitúa al gimnasta en posición de tendido prono sobre una altura determinada con los miembros superiores extendidos por delante de la cabeza y con las manos agarradas al bastón en presa dorsal. La distancia de separación de manos (D_s), valorada como la mínima distancia entre ambos lados externos de la mano (quinto metacarpiano), corresponde a la anchura de hombros (A_h) o diámetro biacromial. En ese caso, el ángulo entre ambos brazos se establece en $\alpha = 0^\circ$ (Eq. 20). Desde dicha posición ($D_s = A_h$) se elevan los miembros superiores lo máximo posible sin levantar ni el pecho ni la barbilla de la superficie, manteniéndose así por un breve

periodo de tiempo. Su valoración se realiza en grados, a partir del cálculo del ángulo obtenido en base a la longitud de la extremidad superior en situación del test y la distancia a la horizontal.

Aspectos a valorar: la longitud de la extremidad superior es el único elemento que puede modificar sustancialmente el resultado. Es por ello que se decide adaptar el test original (Moras, 2002) y tomar la longitud de dicha extremidad en la situación del test (Lbt), es decir, tomando la distancia entre la parte más superior y lateral del plinton (que es justo donde deben colocarse los hombros), y la parte central y más inferior del bastón que sujeta el gimnasta (que es justo la máxima altura alcanzada por el gimnasta en la situación del test). Pese a esta corrección, la movilidad de la muñeca puede influenciar el resultado del test. A la hora de obtener el ángulo correcto en máxima flexión del hombro, cabe destacar la importancia de permanecer en contacto no con la frente sino con el pecho, manteniendo la barbilla pegada al borde externo del plinton (Figura 3.3). Aquellos gimnastas que logran colocar el bastón (Ds) a la misma altura que el plinton (Hp), obtienen un resultado de 0° ($Ds = Hp$). Los que no alcanzan dicha distancia obtienen valores negativos. Aquellos gimnastas que logran situar sus brazos en línea perpendicular con el suelo ($Ds = Lbt + Hp$), obtienen un resultado de 90° . Para aquellos gimnastas que logran traspasar dicha perpendicularidad ($>90^\circ$) es necesario adaptar la fórmula estándar (Eq. 22), restando de 180° el resultado final de ésta. Finalmente, aquellos gimnastas que logran realizar una rotación completa, obtienen un resultado final de 180° .

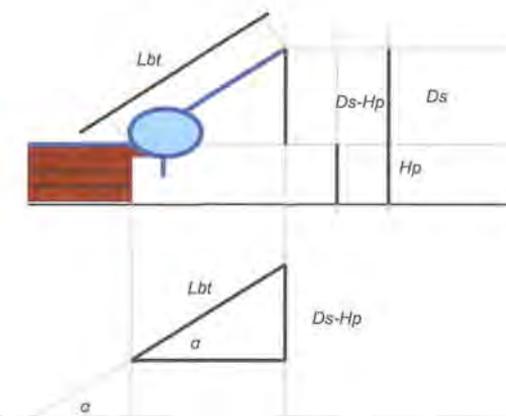


Figura 3.3. Flexión de hombros con bastón: anteversión (Lbt = longitud de la extremidad en el test; Ds = distancia de separación (manos – suelo); Hp = altura del plinton; α = ángulo).

$$\text{Índice } \alpha = \arcsen [(Ds - Hp) / (Lbt)] \quad (\text{Eq. 22})$$

donde α ($^\circ$) = ángulo (flexión de hombros)
 Ds (cm) = distancia de separación (manos – suelo)
 Hp (cm) = altura del plinton
 Lbt (cm) = longitud de la extremidad superior en el test

Extensión de hombros con bastón (retroversión)

Factor: flexibilidad de la articulación del hombro en extensión.

Descripción: se sitúa al gimnasta en posición de tendido prono sobre una altura determinada con los miembros superiores extendidos por detrás de la espalda y con las manos sujetadas al bastón en presa palmar. La distancia de separación de manos (D_s), valorada como la mínima distancia entre ambos lados externos de la mano (segundo metacarpiano), corresponde a la anchura de hombros (A_h) o diámetro biacromial. En ese caso, el ángulo entre ambos brazos se establece en $\alpha = 0^\circ$ (Eq. 20). Desde dicha posición ($D_s = A_h$), se elevan los miembros superiores lo máximo posible sin levantar ni el pecho ni la barbilla de la superficie, manteniéndose así por un breve periodo de tiempo. Su valoración se realiza en grados, a partir del cálculo del ángulo en base a la longitud del brazo y la distancia a la horizontal. La longitud del brazo debe medirse como la distancia entre el punto más lateral del acromio y el punto más distal del segundo metacarpiano.

Aspectos a valorar: exactamente los mismos que en la flexión de hombros con bastón señalando, además, que la presa en la extensión de hombros es palmar debido a la similitud de algunos elementos gimnásticos que, viniendo desde la retroversión en esta presa, finalizan en vertical con presa cubital (Figura 3.4). Su valoración se realiza en grados, a partir del cálculo del ángulo obtenido en base a la longitud de la extremidad superior en situación del test y la distancia a la horizontal.

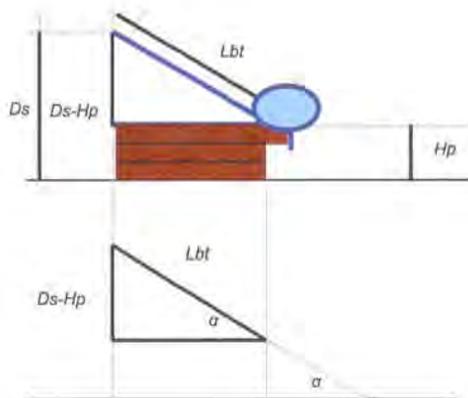


Figura 3.4. Extensión de hombros con bastón: retroversión (L_{bt} = longitud de la extremidad superior en el test; D_s = distancia de separación (manos – suelo); H_p = altura plinton; α = ángulo).

$$\text{Índice } \alpha = \arcsen [(D_s - H_p) / (L_{bt})] \quad (\text{Eq. 23})$$

donde α ($^\circ$) = ángulo (extensión de hombros)
 D_s (cm) = distancia de separación (manos – suelo)
 H_p (cm) = altura del plinton
 L_{bt} (cm) = longitud de la extremidad superior en el test

Elevación frontal de la extremidad inferior

Factor: flexibilidad activa en el plano sagital de las extremidades inferiores (un centro de rotación).

Descripción: en bidepestaación, sujetado a una espaldera lateralmente, el gimnasta eleva una de las extremidades inferiores frontalmente (plano sagital o anteroposterior) manteniendo ambas estiradas y el tronco siempre perpendicular al suelo. La valoración se realiza en grados (ángulo formado entre ambas extremidades), a partir de la mínima distancia entre los dos lados posteriores del calcáneo (D_s) y la longitud de la extremidad inferior del gimnasta (L_p).

Aspectos a valorar: elemento fundamental de técnica básica en gimnasia artística. Conviene ejecutar la elevación de las extremidades sin flexionar las rodillas (conviene prestar especial atención a la extremidad de apoyo) y sin inclinar el tronco. El apoyo del pie se realiza con la planta orientada según la línea sagital del cuerpo (6ª posición de ballet), facilitando así la elevación en el plano anteroposterior. El taón se mantiene siempre en contacto con la superficie del suelo. Para que el registro de resultados sea preciso, el gimnasta debe mantener la elevación un tiempo aproximado de 3 segundos (Figura 3.5).

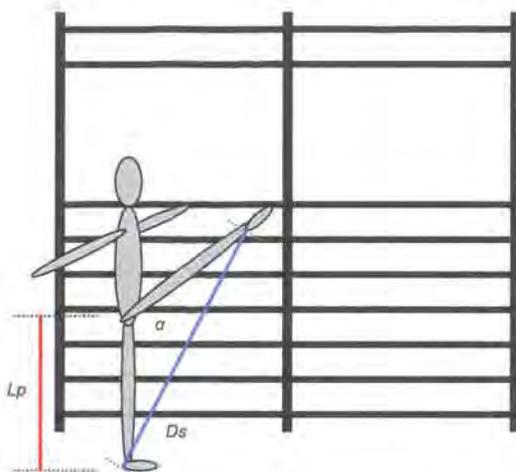


Figura 3.5. Elevación frontal de la extremidad inferior (L_p = longitud de la extremidad inferior; D_s = distancia de separación; α = ángulo).

$$\text{Índice } \alpha = 2\arcsen \left[\left(\frac{D_s}{2L_p} \right) \right] \quad (\text{Eq. 24})$$

donde α (°) = ángulo (elevación frontal de la extremidad inferior)
 D_s (cm) = distancia de separación entre calcáneos
 L_p (cm) = longitud de la extremidad inferior

Elevación lateral de la extremidad inferior

Factor: flexibilidad activa en el plano frontal (abducción) de las extremidades inferiores (dos centros de rotación).

Descripción: en bidepestaación, sujetado a una espaldera lateralmente, el gimnasta eleva una de las extremidades inferiores lateralmente, manteniendo ambas estiradas y el tronco siempre perpendicular al suelo. La valoración se realiza en grados (ángulo formado entre ambas extremidades), a partir de la mínima distancia entre los dos lados posteriores del calcáneo (D_s), la longitud de la extremidad inferior del gimnasta (L_p) y la anchura de cadera o diámetro bitrocantéreo (A_c).

Aspectos a valorar: elemento fundamental de técnica básica en gimnasia artística. Conviene ejecutar la elevación de las extremidades sin flexionar las rodillas (conviene prestar especial atención a la extremidad de apoyo) y sin inclinar el tronco. El apoyo del pie se realiza con la parte distal del pie orientada hacia el exterior (2ª posición en ballet), facilitando así tanto la elevación en el plano frontal de la extremidad inferior, como la correcta posición de la cadera. El talón se mantiene siempre en contacto con la superficie del suelo. Para que el registro de resultados sea preciso, el gimnasta debe mantener la elevación un mínimo de 3 segundos (Figura 3.6).

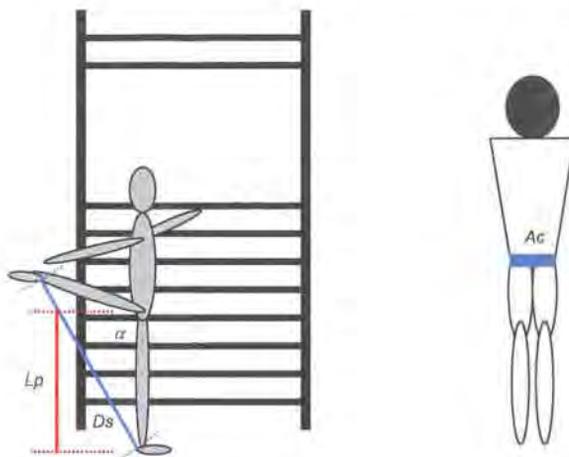


Figura 3.6. Elevación lateral de la extremidad inferior (A_c = anchura cadera o diámetro bitrocantéreo); L_p = longitud de la extremidad inferior; D_s = distancia de separación; α = ángulo).

$$\text{Índice } \alpha = 2\arcsen \left[\frac{(D_s - A_c)}{2L_p} \right]$$

(Eq. 25)

donde α (°) = ángulo (elevación lateral de la extremidad inferior)
 D_s (cm) = distancia de separación entre calcáneos
 A_c (cm) = anchura cadera (diámetro bitrocantéreo)
 L_p (cm) = longitud de la extremidad inferior

Espagat lateral

Factor: flexibilidad pasiva en el plano frontal (abducción) de las extremidades inferiores (dos centros de rotación).

Descripción: en bidepestaación, separar las extremidades inferiores (abducción) manteniéndolas estiradas y con el tronco perpendicular al suelo. Se permite al ejecutante equilibrarse, ya sea mediante el apoyo de manos en el suelo, o bien sujetándose a unas espalderas o anillas bajas dispuestas a tal efecto. La valoración se realiza en grados (ángulo entre ambas extremidades inferiores), a partir de la longitud de éstas (L_p) y la mínima distancia entre la sínfisis del pubis y el suelo (D_s).

Aspectos a valorar: elemento fundamental de técnica básica en gimnasia artística. Se decide adaptar el protocolo de Moras (2002) para aquellos gimnastas que superan los 180° (ángulo formado entre ambas extremidades inferiores) mediante la colocación de dos elevaciones de altura determinada (Figura 3.8). En este caso, los factores a tener en cuenta en la función trigonométrica serán: a) la longitud de las extremidades (L_p); b) la diferencia entre la distancia del pubis al suelo (D_s) y la altura del plintón (H_p). Finalmente, señalar la importancia que recae en el hecho de ejecutar el espagat lateral en rotación externa de la articulación coxofemoral (parte más anterior del empeine situada hacia arriba) y manteniendo, mientras se desciende, un ángulo de 180° entre el tronco y el tren inferior (Figura 3.7).

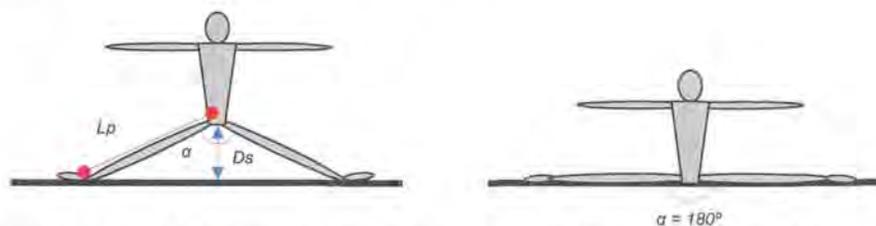


Figura 3.7. Espagat en el plano frontal ($\alpha \leq 180^\circ$). Se muestra, a modo de ejemplo, el espagat a 180° , es decir, $D_s=0$ (L_p = longitud de la extremidad inferior; D_s = distancia de separación entre el suelo y la sínfisis del pubis; α = ángulo).

$$\text{Índice } \alpha = 2 \arccos (D_s / L_p) \quad (\text{Eq. 26})$$

donde: α ($^\circ$) = ángulo (espagat en el plano frontal; $\alpha \leq 180^\circ$)
 D_s (cm) = distancia de separación
 L_p (cm) = longitud de la extremidad inferior

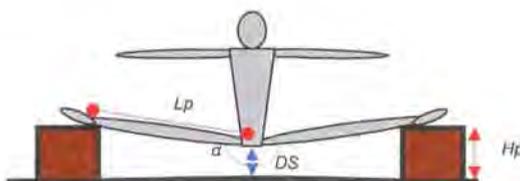


Figura 3.8. Espagat en el plano frontal ($\alpha > 180^\circ$). L_p = longitud de las extremidades; D_s = distancia de separación entre el suelo y la sínfisis del pubis; α = ángulo; H_p = altura plintón.

$$\text{Índice } \alpha = 2\arccos [(Ds - Hp) / Lp] \quad (\text{Eq. 27})$$

donde α ($^{\circ}$) = ángulo (espagat en el plano frontal; $\alpha > 180^{\circ}$)
 Ds (cm) = distancia de separación
 Hp (cm) = altura de plinton
 Lp (cm) = longitud de la extremidad inferior

Espagat frontal

Factor: flexibilidad pasiva en el plano sagital de las extremidades inferiores (un centro de rotación).

Descripción: en bidepestaación, separar las extremidades inferiores (plano sagital o anteroposterior) manteniéndolas estiradas (tronco perpendicular al suelo). Se permite al ejecutante equilibrarse mediante el apoyo de manos en el suelo, o bien sujeto a unas espaldaras o anillas bajas dispuestas a tal efecto. La valoración se realiza en grados (ángulo entre ambas extremidades), a partir de la longitud de éstas (Lp) y la mínima distancia entre la sínfisis del pubis y el suelo (Ds).

Aspectos a valorar: elemento básico en gimnasia artística. Se adapta el protocolo para aquellos gimnastas que superan los 180° mediante la elevación asistida de la extremidad inferior colocada al frente (Sands et al., 1991; Sands, 1994; Douda & Tokmakidis, 1997). Los factores de la función trigonométrica serán: a) la longitud de las extremidades (Lp); b) la diferencia entre la distancia del pubis al suelo (Ds). En el caso de asistir la elevación de la extremidad delantera, el valor (cm) se refleja negativo (Figura 3.10). Se señala la importancia de ejecutar el espagat frontal situando la extremidad retrasada completamente estirada y en rotación interna, de forma que sea la parte más anterior de ésta la que contacte con la superficie del suelo. Como indicador de una buena colocación se observará que el empeine del pie se sitúe hacia abajo, con su parte más anterior en contacto con el suelo. Para certificar la correcta colocación de la cadera, se flexionará la rodilla de la extremidad retrasada de forma que la línea de la pierna deberá estar alineada en relación a la del muslo. Finalmente, a lo largo de todo el movimiento, el tronco del gimnasta deberá situarse perpendicularmente a la línea horizontal del suelo.

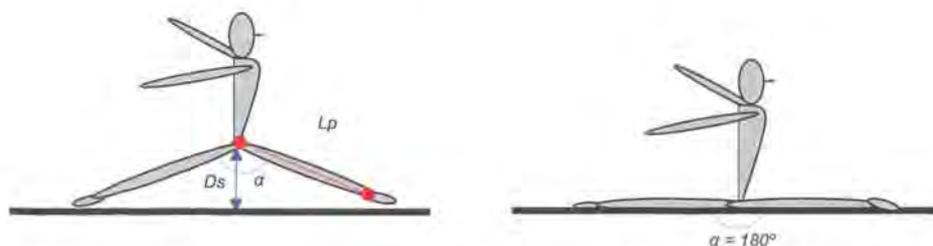


Figura 3.9. Espagat en el plano anteroposterior ($\alpha \leq 180^{\circ}$). Se muestra, a modo de ejemplo, el espagat a 180° , es decir, $Ds=0$ (Lp = longitud de la extremidad inferior; Ds = distancia de separación entre el suelo y la sínfisis del pubis; α = ángulo).

$$\text{Índice } \alpha = 2\arccos (Ds / Lp) \quad (\text{Eq. 28})$$

donde α ($^{\circ}$) = ángulo (espagat en el plano anteroposterior; $\alpha \leq 180^{\circ}$)
 Ds (cm) = distancia de separación
 Lp (cm) = longitud de la extremidad inferior

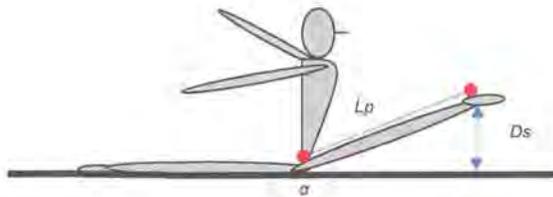


Figura 3.10. Espagat en el plano anteroposterior ($\alpha > 180^\circ$), $D_s < 0$ (L_p = longitud de la extremidad inferior; D_s = distancia de separación; α = ángulo).

$$\text{Índice } \alpha = 2 \arccos (D_s / L_p) \quad (\text{Eq. 29})$$

donde α ($^\circ$) = ángulo (espagat en el plano anteroposterior; $\alpha > 180^\circ$)
 D_s (cm) = distancia de separación (valor negativo)
 L_p (cm) = longitud de la extremidad inferior

Por lo que respecta a la elevación asistida de la extremidad inferior, cabe señalar la necesidad de utilizar dos examinadores: el primero, se encarga de fijar correctamente en el suelo la extremidad inferior trasera (completamente estirada y en rotación interna); el segundo, asiste a la elevación y mide. Todo con el fin de evitar posibles errores (Figura 3.11) en cuanto al registro de datos.

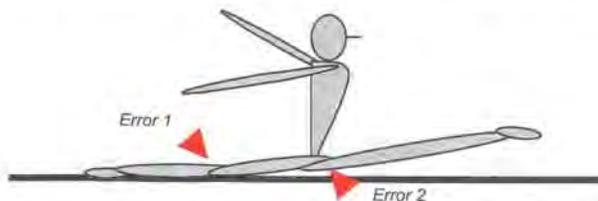


Figura 3.11. Errores comunes al ejecutar la elevación asistida de la extremidad inferior delantera en el espagat frontal. Error 1: flexión de la rodilla. Error 2: el extremo proximal del muslo delantero, se eleva. Anótese de igual forma la necesidad de mantener las características del elemento citadas anteriormente: a) cuerpo perpendicular a línea del suelo; b) extremidad inferior trasera en rotación interna.

Flexión de tronco

Factor: flexibilidad general multiarticular.

Descripción: desde la posición de sentado en el suelo con la cadera en contacto con una pared y con las extremidades inferiores juntas y estiradas, el gimnasta extiende los brazos y ejecuta la máxima flexión de tronco de forma que con la punta de los dedos de las manos, que se encuentran sobrepuestas una encima de la otra, alcance el punto más lejano posible. El cálculo del ángulo (β) multiarticular, en base al protocolo descrito por Jensen & Hirst (1980), se establece a partir de: a) la distancia entre la pared y el extremo más distal de las manos (D_s); b) la longitud del alcance (L_a) menos la longitud de las extremidades inferiores en la posición del test ($L_p Ft$). Respecto a ésta última longitud, cabe señalar que no se corresponde con la longitud de las extremidades inferiores utilizada en el resto de tests (L_p) debido a la implicación por parte del tronco en el resultado final (Figura 3.12).

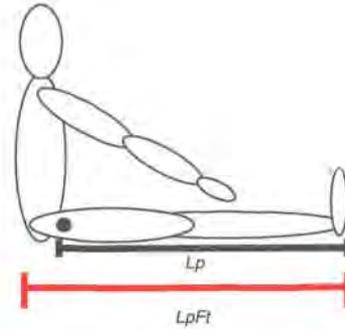


Figura 3.12. Diferencia entre la longitud de la extremidad inferior (L_p) según el protocolo ISAK, y la longitud de la extremidad inferior en el test de flexión de tronco (L_{pFt}).

En base a la D_s y a la diferencia entre el alcance (L_a) y la longitud de las extremidades inferiores en el test (L_{pFt}), es posible definir un teórico triángulo isósceles con: a) 1 cateto desigual de una longitud igual a la cuerda del arco formado por el tronco y los brazos; b) 2 catetos iguales con una longitud igual a la mitad del valor del tronco y brazos. El hecho de dividir entre dos la diferencia entre la longitud del alcance y la longitud de la extremidad inferior en el test ($(L_a - L_{pFt}) / 2$) se justifica porque cuando D_s corresponda exactamente con el valor de la longitud del tronco más brazo (momento de máxima flexión del tronco) el lado desigual del triángulo isósceles tenga la misma longitud que la suma de los dos lados desiguales. A partir de esta situación establecemos las relaciones trigonométricas.

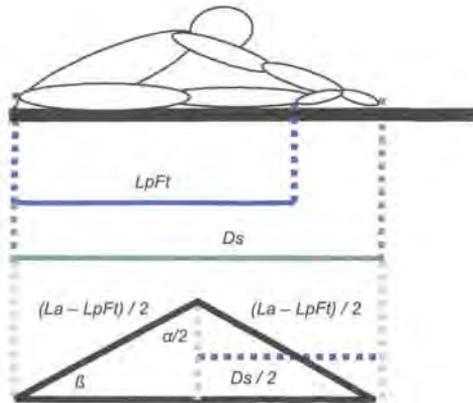


Figura 3.13. Flexión de tronco (D_s = distancia de separación formada por la teórica cuerda del arco formado por la columna y los brazos; L_a = longitud del alcance; L_{pFt} = longitud de las extremidades inferiores en el test; α = ángulo tronco-extremidad superior; β = ángulo tronco-extremidad inferior).

$$\text{sen } (\alpha/2) = 2 (D_s / 2) / (L_a - L_{pFt})$$

$$\alpha = 2 \arcsen [D_s / (L_a - L_{pFt})]$$

$$\beta = 90 - \arcsen [D_s / (L_a - L_{pFt})]$$

(Eq. 30)

donde α ($^{\circ}$) = ángulo tronco-extremidad superior
 β ($^{\circ}$) = ángulo tronco-extremidad inferior
 Ds (cm) = distancia de separación
 La (cm) = longitud del alcance
 $LpFt$ (cm) = longitud extremidad inferior en el test

Aspectos a valorar: las rodillas deben mantenerse en todo momento estiradas, pudiendo ser asistidas en dicha extensión por el investigador. El gimnasta debe alcanzar el punto más lejano posible de forma progresiva y sin movimientos bruscos. Una vez alcanzado, se mantendrá 2 segundos. En el supuesto caso de que las manos no superen los pies, se toma igualmente la distancia entre la pared y el extremo más distal de las manos. Teniendo como referencia el cálculo final del ángulo formado entre el tronco y las extremidades inferiores (β), los gimnastas que se aproximan a tocar con éstas al torso se sitúan en un ángulo de flexión cercano a los 0° . Por el contrario, el valor más bajo de movilidad (90°) corresponde a un resultado del test en el que Ds es igual a 0 cm, es decir, sentado con el tronco perpendicular en relación a la línea del suelo, la cadera en contacto con la pared, y los brazos estirados en prolongación del tronco (Figura 3.14). La posición superpuesta de las manos es primordial al ser la misma que la utilizada en el alcance (La), parámetro utilizado en la formulación trigonométrica. Tras el correspondiente tiempo de pausa, la prueba se realiza una segunda vez, contabilizando el mejor intento.

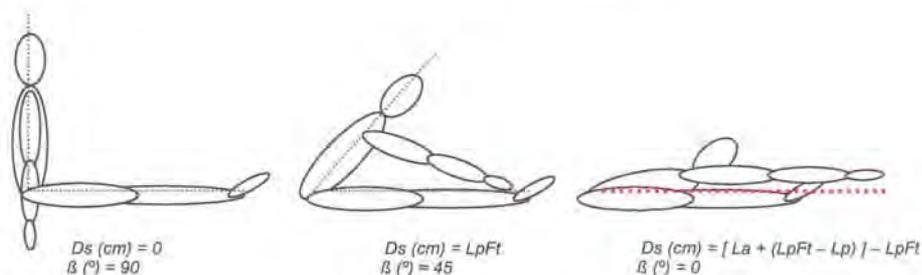


Figura 3.14. Relación entre el resultado del test en cm (Ds) y su correspondiente ángulo (β): La (longitud de alcance); $LpFt$ (longitud de la extremidad inferior en el test de flexión de tronco); Lp (longitud de la extremidad inferior según el protocolo ISAK).

Puente

Factor: flexibilidad general multiarticular.

Descripción: estirado en decúbito dorsal, el gimnasta flexiona sus codos colocando la planta de sus manos en el suelo, aproximadamente a la altura de su cabeza, y con una distancia entre éstas igual a su anchura de hombros. Paralelamente, debe flexionar sus rodillas colocando la punta de los pies en contacto con la pared. Desde esta posición, el gimnasta eleva su cuerpo sobre pies y manos intentando acercar éstas hacia la pared. La valoración de la prueba se realiza en grados en base al cálculo del ángulo (α) multiarticular (Moras, 2002). En éste intervienen: a) distancia de separación (Ds) correspondiente a la mínima distancia entre el lado externo del calcáneo y el talón de la mano; b) la longitud del alcance (La) del sujeto (Figura 3.15). Así, el triángulo isósceles está

delimitado por: a) 2 catetos iguales (mitad de la longitud del alcance); b) 1 cateto desigual de longitud igual al valor obtenido en el test (D_s).

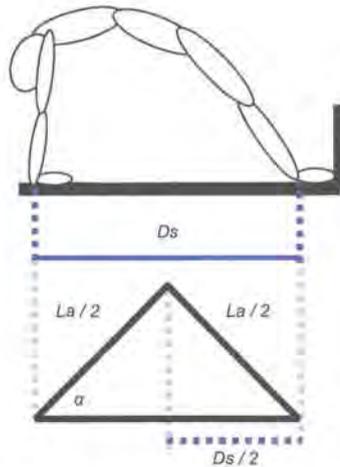


Figura 3.15. Puente (D_s = distancia de separación entre el lado externo del calcáneo y el talón de la mano; L_a = longitud del alcance; α = ángulo).

$$\text{sen } (\alpha / 2) = (D_s / 2) / (L_a / 2)$$

$$\alpha = 2 \arcsen (D_s / L_a) \quad (\text{Eq. 31})$$

donde α ($^\circ$) = ángulo (puente)
 D_s (cm) = distancia de separación
 L_a (cm) = longitud de alcance

Aspectos a valorar: el test se considera válido cuando el gimnasta consigue estirar completamente y durante 2 segundos, tanto los codos como las rodillas. Las extremidades inferiores, además, deben permanecer en todo momento juntas con la planta de los pies en contacto con el suelo.

3.2.2.4.2 CAPACIDAD DE SALTO

Los tests de salto utilizados se ajustan a los protocolos descritos por la literatura internacional (Bosco & Komí, 1979; Bosco et al., 1981; 1982; 1983; Bosco, 1985). Su elección se justifica según las consideraciones realizadas por Marina (Marina, 2003) en relación a las características del salto en gimnasia artística de competición: a) "squat jump" (SJ); b) "counter movement jump" (CMJ); c) "drop jump 60 cm" (DJ60); d) "rebound jump 5 s" (RJ5). En relación a los saltos, la plataforma de contactos nos ofrece la siguiente información: a) tiempos de vuelo (TV, ms); b) tiempos de contacto o impulsión (TC, ms). A partir del TV se calcula la elevación (cm) del centro de gravedad (Bosco et al., 1983). En las pruebas pliométricas (R5 y DJ) se extrae el coeficiente VC, como resultado de la división entre tiempo de vuelo (TV) y el tiempo de contacto (TC) del mejor salto

registrado (Marina, 2003). El orden y protocolo de las pruebas sigue las indicaciones realizadas por Marina (2003) sobre la realización de las pruebas: 1) SJ; 2) CMJ; 3) R5; 4) DJ60. Para cada uno de los saltos se realizan 3 ensayos, contabilizando el mejor de ellos. La recuperación entre cada salto debe ser completa en base al criterio subjetivo establecido por el propio gimnasta, siendo asesorado por el investigador. En todos los casos, el gimnasta puede realizar un ensayo previo a modo de calentamiento. La fiabilidad de cada una de las pruebas realizadas, en población adulta, ha sido previamente documentada (Bosco et al., 1983; Hatze, 1998). En población infantil, la Tabla 3.10 recoge alguno de los estudios relacionados:

Tabla 3.10. Fiabilidad de diferentes saltos en población infantil (gimnastas y escolares).

Edad (años)	Muestra	Salto	r	CCI	CV (%)	Referencia
15	Gimnastas (n=31)	CMJ	—	—	4,60	Viitasalo, 1988
13			—	—	5,30	
12			—	—	7,10	
11			—	—	6,10	
Hasta 12	Gimnastas (n=179)	DJ60	0,97	0,98	4,32	Marina, 2003
Hasta 10			0,97	0,98	4,47	
11-12			0,95	0,97	4,09	
6 - 8	Escolares (n=56)	SJ	—	0,83 - 0,99	10,11	Martin Acero et al., 2001
		CMJ	—	0,95 - 0,99	8,60	
		R5	—	0,96	11,68	

r = índice de correlación de Pearson; CCI = índice de correlación intraclass; CV = coeficiente de variación

"Squat jump" (SJ)

Factor: altura alcanzada por el centro de gravedad mediante la fuerza explosiva de las extremidades inferiores, obtenida en base al tiempo de vuelo en un salto vertical. Se valora el componente contráctil de los grupos musculares implicados.

Descripción: la postura de inicio consiste en que el sujeto flexione las rodillas adquiriendo una postura cómoda para él, que habitualmente se sitúa entorno a los 90° de flexión de rodillas. Las manos deben apoyarse en la cadera durante toda la ejecución del salto, con objeto de anular la intervención de los brazos. El tronco puede adquirir una ligera inclinación hacia delante para facilitar el equilibrio del cuerpo antes de la impulsión. Se prohíbe el contra-movimiento de las extremidades inferiores en el momento de iniciar el salto. La valoración se realiza en centímetros.

"Counter movement jump" (CMJ)

Factor: altura alcanzada por el centro de gravedad mediante la fuerza elástica de las extremidades inferiores, obtenida en base al tiempo de vuelo en un salto vertical. En esta prueba no se debe desdeñar un componente de coordinación neuromuscular.

Descripción: el sujeto, partiendo desde la posición de erguido, genera un contra-movimiento hacia abajo hasta llegar a un ángulo de flexión de rodilla semejante a la posición de partida del SJ. Se produce así una flexión de rodillas inmediatamente seguida de una extensión. Las manos y el tronco mantienen la misma posición que en la prueba anterior. La valoración se realiza en centímetros.

"Rebound jump 5 s" (R5)

Factor: relación óptima entre el tiempo de vuelo (TV) y el tiempo de contacto (TC) generada en el mejor de una serie de varios saltos verticales con rebote consecutivos (fuerza reactiva). Se registra el valor, en milisegundos (ms), del valor más elevado de coeficiente VC (TV / TC).

Descripción: el sujeto realiza una serie de saltos consecutivos sobre la plataforma de contactos, en este caso durante 5 s, impulsándose con los brazos y minimizando la flexión de rodillas.

"Drop jump 60 cm" (DJ60)

Factor: relación óptima entre el tiempo de vuelo (TV) y el tiempo de contacto (TC) obtenida mediante todos los componentes que intervienen en la propulsión de un salto: contráctil, reclutamiento y sincronización de fibras, elástico, brazos y reflejo (Vélez, 1992).

Descripción: según Marina (2003) el modelo de salto en gimnasia artística se ajusta al denominado "bounce drop jump" (Bobbert et al., 1987), o "quick drop jump" (Eloranta, 1997), o "drop jump for height-time" (Young et al., 1999). Así, el sujeto se dejará caer sobre la plataforma de contactos desde una altura de 60 cm para saltar a la máxima altura y con la menor retención posible en el suelo. Se calculará el coeficiente VC (ms).

3.2.2.4.3 VELOCIDAD

Carrera de 20 metros (C20)

Factor: velocidad (carrera de 20 metros)

Descripción: prueba ampliamente utilizada en gimnasia artística (Bajin, 1976; Ukran, 1978; Shlemin, 1979; Gajdos, 1983; Sands, 1994; Sands & McNeal, 1995; Colombo, 1996) y que consta de una distancia cercana a la máxima longitud que un gimnasta puede recorrer a la hora de afrontar un salto (25 metros). Para la correcta realización de la prueba, se debe disponer de toda la extensión de la carrera de salto (25 m) más un mínimo de 5 m (distancia mínima, 30 m) con el fin de que el gimnasta no reduzca su velocidad por falta de espacio en la parte final de la prueba. Situándose en posición de preparado con el pie más adelantado quedando por detrás de la línea de salida, el cronómetro se pone en funcionamiento en el momento en que el gimnasta inicia la carrera. El tiempo se interrumpe cuando se traspasa la línea de los 20 metros. Siguiendo las indicaciones de Kirby (1991a), se establecen 3 intentos con un tiempo de pausa entre éstos de 5 min. El resultado de la prueba es el menor de los tiempos realizados (consultar apartado 4.4.1.5 para comprobar el grado de fiabilidad de la prueba para cada grupo de estudio). El gimnasta

puede realizar, a modo de ensayo, un intento previo a los 3 estipulados en el protocolo. La valoración se realiza en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.

3.2.2.4.4 HABILIDADES GIMNÁSTICAS DE CONDICIÓN FÍSICA

En este apartado se hace referencia a las diferentes pruebas ubicadas dentro de esta valoración, describiéndolas, estableciendo sus objetivos y señalando aspectos de su valoración. Además, en este caso y dada la especificidad de algunas de las pruebas en cuanto a criterios de aplicación, se anotan aquellos aspectos polémicos así como la justificación de la opción elegida. Tal y como se ha procedido con el resto de pruebas específicas en las que no se han hallado estudios sobre su fiabilidad y/o validez, se procede a efectuar el análisis de la primera (apartado 4.4.1.5), justificando la segunda en base a la pertinencia de ser pruebas que forman parte implícita del proceso de entrenamiento gimnástico. Éstas son: a) elevación de las extremidades inferiores desde la suspensión; b) olímpicos. El test de elevación de las extremidades inferiores desde la suspensión, afronta la dificultad de la mayoría de test abdominales y que recoge ampliamente Tous en su tesis doctoral (Tous, 2000). Concretamente en la elevación de las extremidades inferiores, la musculatura abdominal no realiza ningún trabajo dinámico hasta llegar, aproximadamente, a un ángulo de 90° (Tous, 2000). Aún así, éste es uno de los ejercicios que más implicaría a la musculatura abdominal (Guimaraes et al., 1991; Axler & McGill, 1997; Juker et al., 1998). Por otra parte, los test para valorar la fuerza y resistencia abdominal disponibles en la actualidad poseen una discutible validez. Hall y colaboradores (1992), y Knudson & Johnston (1995), los critican porque se describen como medios para la valoración de la fuerza y resistencia abdominal, cuando en la mayoría de casos deberían considerarse como tests de potencia muscular abdominal. En el presente estudio, la elevación de las extremidades inferiores desde la posición de suspensión responde a la necesidad de valorar la función abdominal gimnástica, justificándolo en base a una doble vertiente metodológica: a) se utiliza en múltiples bloques de preparación física como ejercicio básico en gimnasia artística (Shlemin, 1973; Bajin, 1976; Rozin, 1979; Gajdos, 1983; Ariza, 1987; Sol, 1987; Sands, 1994); b) aparece como acción técnica característica de multitud de elementos gimnásticos competitivos (Arkaev & Suchilin, 2004).

En el caso de los olímpicos, la alta especificidad técnica del elemento limita el establecimiento de parámetros sobre su fiabilidad, objetividad y validez (Prassas, 1988). Pese a ello, y atendiendo al elevado nivel prestacional de la muestra, se decide realizar su estudio y así incluirla como variable de análisis. Otro hecho que refuerza su inclusión, se basa en las múltiples baterías de test físicos en gimnasia artística, tanto femenina como masculina, que incluyen los olímpicos (Shlemin, 1973; Gajdos, 1983; Ariza, 1987; Rozin & Rogacev, 1994; Colombo, 1996; Sands, 2000; Sands et al., 2001), estructuradas todas ellas desde un ámbito empírico y afrontando dichos test como habilidades gimnásticas, es decir, como elementos deportivos característicos del entrenamiento gimnástico (Magakian, 1966; Carrasco, 1976; Federation Française de Gymnastique, 2006; Lompizano, 2003). En las pruebas que inciden de forma específica sobre el tren superior, concretamente en las flexiones desde la suspensión y las flexiones desde el apoyo,

se aplica una sobrecarga del 10% del peso de cada gimnasta. Este criterio se establece con el objetivo de orientar el trabajo desarrollado hacia la valoración de la fuerza máxima, característica en las rutinas competitivas de gimnasia artística masculina (Sale, 1976; Jemni et al., 2002; Ariza, 2004). De esta forma, se siguen las aportaciones de varios autores en cuanto a la valoración de la fuerza en gimnasia artística, de forma específica en el tren superior (Plotkín et al., 1983, 1989; Leichenko et al., 1987; Mitchell, 1988; Faria & Faria, 1989; Bencke et al., 2002).

Flexiones en vertical (apoyo invertido)

Factor: función dinámica de la musculatura de brazos y hombros en inversión sobre un plano vertical, ejecutando movimientos de descenso y ascenso.

Descripción: se sitúan unas paralelas bajas junto a una espaldera donde previamente se coloca una tabla deslizante en la parte superior. El gimnasta se coloca en vertical con el tórax en dirección a la pared; las manos se colocan lo más cercano posible a las espalderas. Desde esta posición, que representa la correcta ejecución de la vertical en gimnasia artística y por lo tanto es de aplicación normal para los gimnastas, se debe descender hasta llegar a una flexión de codos inmediatamente inferior a 90° para posteriormente ascender hasta la posición inicial de vertical (repetición válida). Se informa al gimnasta sobre la necesidad de mantener un ritmo de ejecución constante, sin que éste se detenga hasta la finalización del test. Se valora el número de repeticiones válidas. La validez lógica del factor de estudio así como la objetividad ($r = 0,98$) y fiabilidad ($r = 0,83$) de esta prueba quedan recogidas por Johnson & Nelson (1979b). Cabe advertir, no obstante, sobre la orientación y posición del cuerpo en dicho estudio, realizado con la espalda pegada a la pared y el apoyo de manos en el suelo. Las diferencias de criterio aplicadas en este caso responden a los siguientes factores: 1) la posición del tórax contra la pared se efectúa para favorecer la correcta ejecución de la vertical durante toda la flexión de brazos; 2) la utilización de las paralelas permite una flexión de codo superior a 90°, hecho que concuerda con la realidad en cuanto a ángulos de trabajo en esta especialidad deportiva.

Flexiones en suspensión

Factor: función dinámica de la musculatura de brazos y hombros a partir de la flexión de aquellos o dominada desde la suspensión.

Descripción: el gimnasta se coloca suspendido de la barra fija en posición de estático con los brazos estirados y en presa palmar ("chin-ups"). Una repetición válida es aquella que cumple con toda la extensión del recorrido y se realiza sin ningún tipo de impulso; la fase ascendente debe finalizar cuando la barbilla se sitúa por encima de la barra; la fase descendente finaliza cuando se retorna a la posición inicial (suspendido con brazos estirados). Se informa al gimnasta sobre la necesidad de mantener un ritmo de ejecución constante, sin detenerlo hasta la finalización del test. Se valora el número de repeticiones válidas. La validez lógica del factor de estudio así como la objetividad ($r = 0,99$) y fiabilidad ($r = 0,99$) de esta prueba quedan recogidas por Johnson & Nelson (1979b).

Flexiones desde el apoyo

Factor: función dinámica de la musculatura de brazos y hombros sobre un plano vertical, ejecutando movimientos de descenso y ascenso.

Descripción: el gimnasta se sitúa en apoyo de manos sobre las paralelas, que se colocan lo suficientemente elevadas como para que éste, en máxima flexión de codos, no toque con la punta de sus pies al suelo. Una repetición válida es aquella que contempla todo el recorrido, es decir, el gimnasta desde la posición inicial (brazos estirados) desciende hasta una flexión de codo inmediatamente inferior a 90°. Se informa al gimnasta sobre la necesidad de mantener un ritmo de ejecución constante, sin que éste se detenga hasta la finalización del test. Se valora el número de repeticiones válidas. La validez lógica del factor de estudio así como la objetividad ($r = 0,99$) y fiabilidad ($r = 0,98$) de esta prueba, quedan recogidas por Johnson & Nelson (1979b) y Kirby (1991b).

Elevación de las extremidades inferiores desde la suspensión

Factor: función dinámica abdominal a partir de un ejercicio competitivo-básico característico de la gimnasia artística (Tous, 2000).

Descripción: el gimnasta, suspendido en una espaldera, realiza el máximo número de elevaciones de las extremidades inferiores. Se considera repetición válida aquella que, a partir de un ángulo de hombros en la suspensión de $\approx 180^\circ$ y efectuando un recorrido angular completo por parte de las extremidades inferiores (desde la verticalidad de la suspensión hasta que el empeine de los pies contacta con el barrote que sujetan las manos), se realice con las rodillas estiradas, sin rebotar en el barrote inferior, y con la cabeza en posición neutra. Esto es así para minimizar posibles interferencias en el diseño de la prueba causadas por las diferencias entre distintos modelos de espalderas. En este sentido, se dispone además una tabla suspendida entre el gimnasta y la propia espaldera (ver apartado 3.2.3.4). Se informa al gimnasta sobre la necesidad de mantener un ritmo de ejecución constante, sin que éste se detenga hasta la finalización del test. Se valora el número de repeticiones válidas. Con el objetivo de valorar la fiabilidad de la prueba, la totalidad de la muestra de gimnastas catalanes ($n=36$, el 32,4% de la muestra total de gimnastas), la realiza tres veces con un período temporal entre tests de 72 horas. El número de gimnastas catalanes, para cada uno de los grupos de estudio, es: G1 ($n=16$); G2 ($n=2$); G3/G4 ($n=10$); G5 ($n=8$). Los resultados obtenidos se muestran en el correspondiente apartado sobre fiabilidad de los test específicos (apartado 4.4.1.5).

Olimpico

Factor: valoración del elemento gimnástico denominado como "olímpico", consistente en la elevación del tren inferior, desde la posición de apoyo de manos, hasta llegar a la vertical o apoyo de manos invertido en equilibrio.

Descripción: con el objetivo de poder discriminar entre las edades más pequeñas y los gimnastas sénior, se establecen tres tipos de olímpico, siguiendo una escala de menor a mayor dificultad: a)

olímpico con las extremidades inferiores abiertas desde el suelo; b) olímpico con las extremidades inferiores abiertas, en paralelas bajas, desde la posición de escuadra; c) olímpico con las extremidades inferiores juntas, en paralelas bajas, desde la posición de escuadra. Cada gimnasta realiza el máximo número de olímpicos de cada tipo, claro está, con un tiempo de recuperación lo suficientemente amplio entre series como para poder afrontarlos con garantías. En este sentido, se sigue un orden de ejecución de mayor a menor dificultad, iniciándose la primera de las tres series con los olímpicos con extremidades inferiores juntas y finalizando con los olímpicos realizados con las extremidades inferiores abiertas en el suelo. Se informa al gimnasta sobre la necesidad de mantener un ritmo de ejecución constante, sin que éste se detenga hasta la finalización del test. En todos los casos se contabilizan como repeticiones válidas aquellos olímpicos que se realicen siguiendo las directrices que marcan el CP-FIG y el CP-RFEG. A saber, brazos rectos, rodillas estiradas, y como norma general, guardando la suficiente compostura como para respetar la naturaleza técnica del elemento. Se valora el número final resultante del sumatorio de las tres series. Con el objetivo de valorar la fiabilidad de la prueba, se efectúa el mismo procedimiento que con la prueba anterior (elevación de las extremidades inferiores desde la suspensión). Los resultados obtenidos, ajustados para cada grupo de estudio y según cada uno de los tres tipos de olímpicos ejecutados, se pueden observar en el correspondiente apartado sobre fiabilidad de los test específicos (apartado 4.4.1.5).

3.2.2.5 VALORACIÓN DE LA TÉCNICA

El análisis de la habilidad técnica en el deporte se establece cuantitativamente (análisis cinemático del movimiento), cualitativamente (estableciendo criterios de análisis previamente definidos), o bien mediante ambas metodologías (Hay, 1978; McPherson, 1996). Tal y como se ha señalado en apartados anteriores (apartado 1.1), la gimnasia artística masculina es un deporte individual, técnico combinatorio de medio estable, cuya regulación técnica viene explícita en el CP-FIG (apartado 1.1.1). El CP-FIG representa un sistema de análisis cualitativo, basado en criterios arbitrarios preestablecidos y estandarizados internacionalmente. Es el instrumento utilizado para valorar el rendimiento gimnástico en competición. La presencia y utilización de las directrices de dicho código para la valoración de la técnica en el presente estudio, quedan así justificadas.

Por otra parte, el componente técnico en gimnasia artística conlleva, de forma implícita, un alto grado de condición física (Carter et al., 1971; Sands et al., 2001; Prassas et al., 2006). Valga el ejemplo de una simple vertical o apoyo invertido o "pino", elemento de técnica básica fundamental que, sin embargo para cualquier persona "no gimnasta", conllevaría una alto grado de exigencia física. Este hecho penaliza la posibilidad de analizar aisladamente los factores coordinativos que condicionan el aprendizaje técnico en gimnasia artística (Brewin et al., 2000; Holvoet et al., 2002). Con el objetivo de minimizar el efecto de la variable de condición física en la valoración de la técnica gimnástica, se decide analizar aquellos elementos gimnásticos donde la fuerza se manifiesta en su mínima expresión (Frederick, 1977): a) elementos de balanceo: barra

fija, anillas, paralelas, caballo con arcos; b) test de recepción tras la habilidad técnica de giro (360°) en el aire (giro sobre el eje longitudinal y giros sobre el eje transversal – adelante y atrás –).

3.2.2.5.1 BALANCEOS

Todos los gimnastas ejecutan 10 balanceos en cada uno de los aparatos descritos a excepción de las anillas, donde realizan 5. De forma previa, y a modo de calentamiento, pueden realizar una única pasada en cada uno de los aparatos a valorar. Todos los balanceos son filmados digitalmente (apartado 3.2.3.5) para su posterior análisis. El instrumento utilizado para dicho análisis es una plantilla de observación, diseñada en base a las directrices y variables de penalización del CP-FIG (Anexo 9.2). Su estructura se basa en los siguientes subapartados, que a su vez engloban a las diferentes variables de penalización:

- a. deducciones por falta de estética y ejecución (brazos doblados, piernas dobladas y/o abiertas; mala postura o posición del cuerpo o correcciones posturales en el final de las posiciones...);
- b. deducciones por faltas técnicas (desviaciones en vuelos por o a través del apoyo invertido o molinos; caída desde o sobre el aparato; otras faltas técnicas);
- c. deducciones específicas del aparato (se comentan de forma específica en cada uno de los aparatos). A partir de la penalización total, se obtiene un nota final comprendida entre el valor "0", que supone la máxima penalización, y el valor "10", que supone la mínima.

Para valorar la fiabilidad de cada una de las plantillas (n=4) se establecen los siguientes procedimientos: a) fiabilidad intraevaluador: el propio investigador, acreditado como juez internacional por la FIG, evalúa 3 veces a un total de 20 gimnastas (5 por cada grupo de estudio) escogidos aleatoriamente; b) fiabilidad interevaluador: el propio investigador y 2 jueces acreditados internacionalmente por la FIG, evalúan a otros 20 gimnastas (5 por cada grupo de estudio) escogidos aleatoriamente. Los procedimientos estadísticos utilizados (índice de correlación intraclase y coeficiente de variación), así como los resultados obtenidos, se muestran en el apartado 4.5.2.

3.2.2.5.1.1 BALANCEOS EN LA BARRA FIJA

Factor: habilidad técnica de balanceo en barra fija desde la posición de parada en suspensión.

Descripción: desde la misma posición que al inicio de una rutina competitiva en este aparato (en suspensión estática con presa dorsal, y las extremidades inferiores estiradas y juntas), el gimnasta inicia la toma de vuelo para continuar ejecutando 10 balanceos. La valoración de la prueba, en base al CP-FIG, se realiza restando de 10 puntos las penalizaciones acumuladas.

Aspectos a valorar: las faltas o deducciones específicas a este aparato, susceptibles de ser utilizadas como variables de penalización en la habilidad técnica de balanceos, son las siguientes (CP-FIG): a) falta de impulso o pausa en apoyo invertido o en otro elemento; b) desviación en el

plano de movimiento; c) corte de vuelo en los impulsos atrás. Aquellos gimnastas que no realizan un balanceo completo o molino en presa dorsal (360°), son penalizados con 0,3 décimas por cada corte de vuelo realizado.

3.2.2.5.1.2 BALANCEOS EN LAS ANILLAS

Factor: habilidad técnica de balanceo en anillas desde la posición de parada en suspensión.

Descripción: desde la misma posición que al inicio de una rutina competitiva en este aparato (en suspensión estática con presa dorsal en ligera rotación interna, y las extremidades inferiores estiradas y juntas), el gimnasta inicia la toma de vuelo para continuar ejecutando 5 balanceos. La valoración de la prueba, en base al CP-FIG, se realiza restando de 10 puntos las penalizaciones acumuladas.

Aspectos a valorar: las faltas o deducciones específicas a este aparato, susceptibles de ser utilizadas como variables de penalización en la habilidad técnica de balanceos, son las siguientes (CP-FIG): a) corte de vuelo en el impulso atrás; b) caída desde el apoyo invertido; c) balanceo excesivo de cables; d) tocar cables o correas con brazos, pies u otras partes del cuerpo. Aquellos gimnastas que no realizan un balanceo completo o molino (360°), son penalizados con 0,3 décimas por cada corte de vuelo realizado.

3.2.2.5.1.3 BALANCEOS EN LAS PARALELAS

Factor: habilidad técnica de balanceo en paralelas desde la posición de parada en apoyo.

Descripción: desde la posición de estático en apoyo de manos, el gimnasta se sitúa con el cuerpo estirado, formando un ángulo imaginario de 180° entre el tronco y las extremidades inferiores, que permanecen juntas y consecuentemente estiradas. Desde dicha posición, el gimnasta inicia la toma de vuelo para continuar ejecutando 10 balanceos. La valoración de la prueba, en base al CP-FIG, se realiza restando de 10 puntos las penalizaciones acumuladas.

Aspectos a valorar: las faltas o deducciones específicas a este aparato, susceptibles de ser utilizadas como variables de penalización en la habilidad técnica de balanceos, son las siguientes (CP-FIG): a) corte de vuelo en los impulsos atrás; b) falta de control momentáneo en los apoyos invertidos pasajeros en una o dos bandas; c) paso o ajuste de manos en apoyo invertido. Aquellos gimnastas que no realizan un balanceo hacia atrás completo, es decir, marcando la vertical durante un tiempo mínimo de 1 s, son penalizados con 0,3 décimas por cada corte de vuelo realizado.

3.2.2.5.1.4 MOLINOS EN CABALLO CON ARCOS

Factor: habilidad técnica de molino en la seta.

Descripción: desde la misma posición que al inicio de una rutina competitiva en este aparato (de frente en posición de firmes con pies juntos) el gimnasta inicia los molinos, en la seta, hasta llegar

a un total de 10. La seta es un aparato de progresión metodológica utilizado normalmente para el aprendizaje de los molinos en caballo con arcos. Sus principales características se detallan en el apartado correspondiente (apartado 3.2.3.5). La valoración de la prueba, en base al CP-FIG, se realiza restando de 10 puntos las penalizaciones acumuladas.

Aspectos a valorar: las faltas o deducciones específicas a este aparato, susceptibles de ser utilizadas como variables de penalización en la habilidad técnica de los molinos en caballo con arcos, son las siguientes (CP-FIG): a) falta de extensión del cuerpo en molinos; b) piernas dobladas o abiertas en los elementos; c) desviación angular en los molinos en apoyo transversal y desplazamientos.

3.2.2.5.2 PRUEBA DE RECEPCIÓN

Factor: habilidad técnica de recepción o aterrizaje desde una altura definida y tras la realización de 3 acciones gimnásticas diferenciadas: giro completo sobre el eje longitudinal (360°); giro completo hacia delante sobre el eje transversal (360°) o mortal adelante agrupado; giro completo hacia atrás sobre el eje transversal (360°) o mortal atrás agrupado.

Descripción: desde la mínima altura de la plataforma de saltos según el CP-RFEG (categoría benjamín: 110 cm) el gimnasta se sitúa erguido sobre la misma y ejecuta de forma secuenciada y aterrizando sobre la superficie del aparato del suelo: a) 3 saltos con giro longitudinal; b) 3 saltos con giro transversal hacia delante agrupados; c) 3 saltos con giro transversal hacia atrás agrupados. Se establecen periodos de recuperación completos entre cada uno de los saltos. La valoración de la prueba, en base al CP-FIG, se realiza únicamente en relación a la acción de recepcionar, no valorando la técnica de ejecución de las acciones de giro previas. La nota final, comprendida entre el valor "0" y el valor "10", se extrae de la diferencia entre este último valor y la penalización total acumulada (sumatorio de todas las recepciones).

Aspectos a valorar: el protocolo de la prueba contempla la estructura de calentamiento. Los gimnastas pueden practicar 2 veces, de forma consecutiva, cada uno de los saltos. Con el fin de minimizar posibles lesiones se consulta, tanto a ellos como a los propios entrenadores, sobre el nivel de ejecución de las acciones previas de giro. En caso de no considerar su realización, el gimnasta recibe la penalización total de 1,0 punto por cada elemento y/o salto con giro no realizado. Los procedimientos metodológicos para la valoración de la fiabilidad interevaluador e intraevaluador se establecen de igual forma que la descrita en apartados anteriores (apartado 3.2.2.5.1). Los principales resultados se muestran en el apartado correspondiente (apartado 4.5.2).

3.2.2.6 VALORACIÓN MULTIDIMENSIONAL

Esta valoración se realiza posteriormente, en base a los resultados obtenidos en las valoraciones anteriores, las cuales son tratadas de forma conjunta. El instrumento de medida será doble, realizando un análisis estadístico multivariante, a través de dos análisis denominados: análisis de regresión múltiple y análisis discriminante (apartado 3.3.1.6).

3.2.3 MATERIAL

3.2.3.1 VALORACIÓN DE ANTECEDENTES SOCIALES Y DEPORTIVOS

Cuestionario de antecedentes sociales y deportivos

Elaborado para la recopilación de los datos sociales y deportivos (Anexo 9.1), cuyos contenidos y estructura formal se describen en el apartado correspondiente a instrumentos de valoración (apartado 3.2.2.1).

3.2.3.2 VALORACIÓN SOMÁTICA

Antropómetro

Instrumento calibrado de precisión (Holtain[®] Ltd., Crosswell, UK). Precisión 1 mm. Utilizado para medir determinados diámetros corporales, la longitud del pie y la talla.

Balanza electrónica portátil

Instrumento calibrado de precisión (Tata[®] Ltd., Grosvenor, UK). Rango de medición 0 – 150 kg, precisión 0,1 kg. Utilizado para medir el peso.

Cinta antropométrica metálica inextensible

Instrumento calibrado de precisión (Lufkin Executive[®] w606pm, Lufkin, USA). Rango de medición 0 – 200 cm, precisión: 0,1 cm). Utilizado para medir los perímetros corporales.

Paquímetro o pie de rey

Instrumento calibrado de precisión (Holtain[®] Ltd., Crosswell, UK). Rango de medición 0 – 250 mm, precisión 1 mm. Utilizado para medir los diámetros biepicóndileo de húmero, biepileoideo, bicóndileo de fémur y bimaleolar.

Pliómetro o compás de pliegues cutáneos

Instrumento calibrado de precisión (Tanner/Whitehouse Holtain[®] Ltd., Crosswell, UK). Rango de medición 0 – 48 mm, precisión 0,2 mm, presión constante 10g/mm². Utilizado para medir los pliegues cutáneos.

Hojas de recogida de datos antropométricos

Diseñadas en base a las directrices de la proforma ISAK para la obtención de todas las variables somáticas objeto de estudio. Se describen en el apartado 3.2.2.2 y se adjuntan en el anexo 9.3.

3.2.3.3 VALORACIÓN DE LA CONDICIÓN FÍSICA GENERAL

CD de audio de la prueba de aptitud cardiorrespiratoria

CD de audio de la prueba de carrera de ida y vuelta de resistencia, editada por el Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña, centro de Barcelona.

Barra de equilibrio de la prueba de equilibrio del flamenco

Construida para este estudio, posee un eje central de 50 x 3 x 4 cm (largo x ancho x alto). En los extremos sobresalen dos estructuras perpendiculares al eje central de 15 x 2 x 4 cm.

Mesa de la prueba de golpeo de placas

Construida expresamente para este estudio, se compone de 2 discos de goma de 20 cm de diámetro y 1 placa rectangular del mismo material (10 x 20 cm). Dichos discos están adheridos sobre una superficie plana, graduable en altura a modo de plinton, según las siguientes características: a) los centros de ambos discos se sitúan a una distancia de 80 cm; b) la placa rectangular se dispone a una distancia equidistante entre los centros de ambos discos.

Cajón de la prueba de flexión de tronco o "sit-and-reach"

Construido expresamente para este estudio. El cajón posee las siguientes dimensiones: 35 x 45 x 32 cm (longitud x anchura x altura), y su tapa superior: 55 x 45 cm (longitud x anchura). En la parte superior posee una guía con un marcador que se desliza sobre una escala graduada en cm.

Cinta métrica de 30 metros de longitud

Instrumento de precisión (Medid[®] 1210, Barcelona, ESP). Rango de medición 0 – 30 m, precisión 1 cm. Utilizada para medir: a) la distancia en la prueba de aptitud cardiorrespiratoria; b) la distancia en la prueba de salto de longitud sin impulso; c) la distancia en la prueba de carrera de ida y vuelta (10 x 5 m).

Dinamómetro manual

Dinamómetro de presión manual con empuñadura regulable (Harpenden[®] British Indicators Ltd., Burgess Hill, UK). Precisión 1 kp.

Cronómetro

Cronómetro de precisión (Oregon Scientific[®] SL928D, Oregon, USA). Precisión de 0,001 s. Utilizado para el cronometraje de las pruebas: a) equilibrio del flamenco; b) golpeo de placas; c) abdominales en 30 segundos; d) suspensión con flexión de brazos; e) carrera de ida y vuelta de 10 x 5 metros; y f) carrera 20 metros.

Colchonetas finas (2 unidades)

Colchonetas de protección de 1,70 x 0,75 x 0,5 cm (largo x ancho x espesor). Utilizadas para: a) abdominales en 30 s; b) salto de longitud sin impulso; y c) suspensión con flexión de brazos.

3.2.3.4 VALORACIÓN DE LA CONDICIÓN FÍSICA ESPECÍFICA

Bastón para las pruebas de giros y flexión/extensión de hombros

Construido para este estudio, es un bastón metálico extensible con escala métrica incorporada (rango de medición 0 – 100 cm, precisión 1 mm). Utilizado para medir la distancia entre las manos en las pruebas de giro de hombros (anteversión y retroversión) y para medir la distancia al suelo en la prueba de flexión (anteversión) y extensión (retroversión) de hombros.

Cintas métricas de 3 metros de longitud (3 unidades)

Instrumentos de precisión (Stanley Works[®] 30-687, Florida, USA). Rango de medición 0 – 3 m, precisión 1 mm. Utilizadas para medir las pruebas de: a) flexión (anteversión) y extensión (retroversión) de hombros; b) elevación de la extremidad inferior (frontal y lateral); c) extensión del tobillo; d) espagats (lateral y frontales); e) flexión de tronco; y f) puente.

Sistema Ergo Jump Bosco System[®]

Conjunto de instrumentos de precisión para la valoración de la capacidad de salto (Ergo Jump Bosco System[®], Roma, IT), compuesto de una plataforma de contactos de 1,2 x 0,8 m (largo x ancho), interfaz y software de control. Utilizado para medir tiempos de vuelo y de contacto en las pruebas de salto (SJ, CMJ, R5, DJ60).

Cajón de salto en caída (“drop jump”) de 60 cm

Cajón de madera construido específicamente para el salto DJ60, de dimensiones 60 x 60 x 60 cm (largo x ancho x alto).

Paralelas bajas

Paralelas bajas (AAI[®] 407-001, certificadas por la FIG), de 40 cm de altura y regulables en anchura en un rango comprendido entre 35 y 50 cm. Utilizadas para las pruebas de: a) flexiones en vertical; y b) olímpicos en paralelas (piernas juntas y piernas separadas).

Cinturón lastrado

Cinturón lastrado con pastillas intercambiables de 1 kg (n=5) y de 2 kg (n=3), empleado para lastrar a los gimnastas en las pruebas de: a) flexiones desde la suspensión; b) flexiones desde el apoyo.

Tabla para espaldera

Construida para este estudio, es una tabla de madera de 200 x 40 cm (largo x ancho) con soporte para la espaldera. Utilizada en la prueba de elevación de las extremidades inferiores desde la suspensión. Se dispone entre el gimnasta y la espaldera para minimizar posibles fuentes de error derivados de la utilización de diferentes modelos de espalderas.

3.2.3.5 VALORACIÓN DE LA TÉCNICA

Aparatos gimnásticos de competición

Para la valoración de los balanceos en barra fija, anillas y paralelas, así como para la prueba de recepción desde la plataforma de saltos, se utilizaron los aparatos de cada centro o club, todos ellos homologados en base a las normas y exigencias impuestas por la FIG. Para la valoración de los molinos en caballo con arcos se utilizó una única "seta" de 60 cm de altura y una superficie de apoyo circular de 60 cm de diámetro. Los aparatos de barra fija y de paralelas se utilizaron, además, para la realización de las pruebas de suspensión con flexión de brazos y flexiones en suspensión (barra fija), y flexiones desde el apoyo (paralelas).

Videocámara digital

Cámara de vídeo digital MiniDV (Sony® DCR-HC45E, Tokyo, JAP) utilizada para filmar los balanceos en barra fija, anillas, paralelas y los molinos en el aparato de la seta.

3.2.3.6 VALORACIÓN MULTIDIMENSIONAL

Ordenador portátil

Ordenador portátil (DELL® Inspiron 9300, Texas, USA) utilizado para la recogida, almacenamiento y posterior procesamiento de los datos, así como para la redacción de la presente memoria.

Software informático SPSS® 15.0

Software estadístico "Statistical Package for the Social Sciences" (SPSS® for Windows, Chicago, USA) con licencia para el INEFC.

Software informático Microsoft Office® 2003

Software ofimático con licencia para el INEFC. Utilizado para la recogida, almacenamiento y posterior procesamiento de los datos (Microsoft Excel®), así como para la redacción de la presente memoria (Microsoft Word®).

3.2.4 INSTALACIONES

Debido a las características del estudio (apartado 3.3.1), que abarca gran parte de la población gimnástica nacional masculina (79,3%), las valoraciones se efectuaron en las instalaciones de los respectivos clubes, centros de tecnificación y centros de alto rendimiento visitados. Las valoraciones de la condición física general, la condición física específica y la valoración técnica se llevaron a cabo en la propia sala de entrenamiento. La valoración somática se efectuó en salas anexas adecuadas a tal efecto, es decir, salas amplias, ventiladas, con una temperatura agradable ($\approx 22-24^{\circ}\text{C}$) y, cuando fue posible, iluminadas con luz natural. El formulario de valoración de los antecedentes sociales y deportivos fue completado en los respectivos domicilios de cada gimnasta.

3.2.5 PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE DATOS

3.2.5.1 PERSONAL INVESTIGADOR

Los datos del presente estudio fueron obtenidos por dos investigadores. Las funciones desempeñadas por ambos, fueron: a) dar a conocer el proyecto (RFEG; federaciones autonómicas; clubes; entrenadores; padres y madres; gimnastas); b) gestión logística del material y programación de viajes, estancias, horarios, etc.; c) temporización de las pruebas correspondientes a cada una de las valoraciones efectuadas; y d) construcción de la base de datos (Microsoft Excel®). El segundo investigador desarrolló el rol de asistente del autor de esta tesis.

3.2.5.2 CRONOGRAMA

3.2.5.2.1 PRAXIS DE ACTUACIÓN

Las valoraciones se efectuaron en los respectivos clubes y centros de entrenamiento de los gimnastas. Con el fin de estandarizar al máximo las condiciones de aplicación de las distintas pruebas, minimizando así eventuales factores de confusión, se procedió de la siguiente forma: a) todas las valoraciones se efectuaron en horario de tarde; b) los gimnastas realizaron un calentamiento general previo de 15 minutos de duración, cuyos contenidos fueron acordados en colaboración con el entrenador de cada centro; c) en caso necesario, se llevó a cabo un calentamiento específico adicional para cada una de las pruebas, recogido en el protocolo de cada valoración; y d) la temporización de las pruebas, desarrolladas a lo largo de 3 días de valoración, se estableció como sigue:

Primer día: valoración somática y cuestionario de antecedentes sociales y deportivos.

Segundo día: valoración técnica y valoración de la condición física específica (velocidad, capacidad de salto, habilidades gimnásticas de condición física).

Tercer día: cuestionario de antecedentes sociales y deportivos (recogida), valoración de la condición física general y valoración de la condición física específica (flexibilidad).

3.2.5.2.2 TEMPORIZACIÓN ANUAL

La recogida de datos se llevó a cabo durante el año 2005. En los dos primeros meses se procedió a distribuir la información sobre el proyecto a través de los canales de la RFEG y de las federaciones autonómicas. Se tuvo en cuenta en lo posible el calendario competitivo nacional e internacional (categorías júnior y sénior), minimizando así las posibles variaciones en el estado de forma según el momento de la temporada como posible fuente de error (Figura 3.16).

3.2.5.3 CONSENTIMIENTO INFORMADO

Los gimnastas o sus respectivos padres o tutores legales, una vez informados sobre las características y posibles riesgos de la investigación, procedieron a firmar un formulario de consentimiento informado con anterioridad al inicio de las valoraciones (Anexo 9.4).

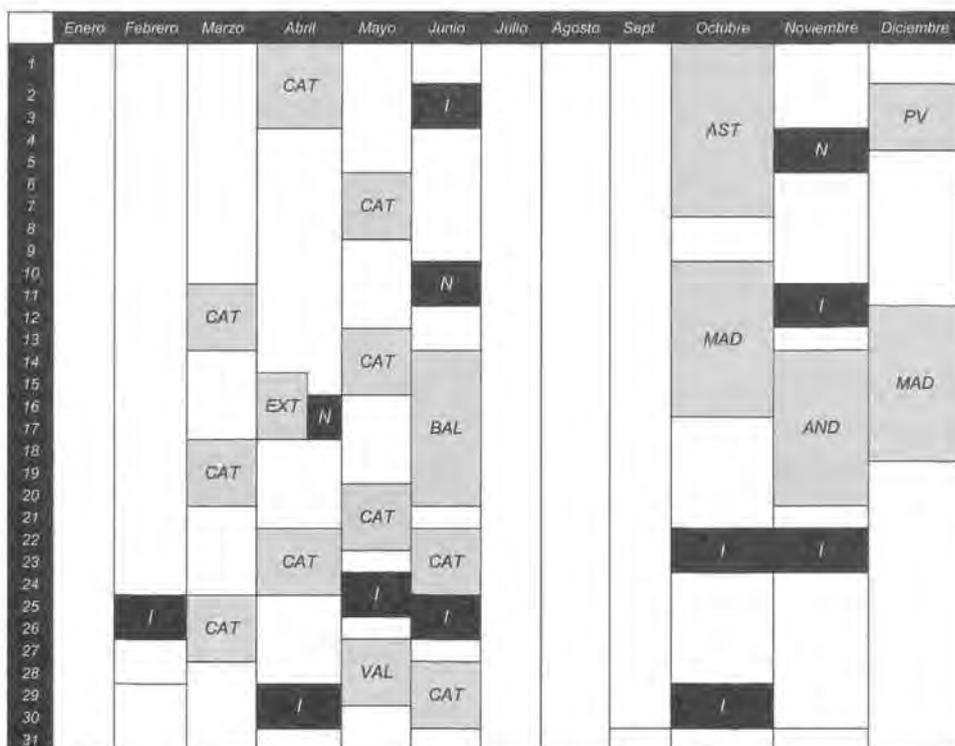


Figura 3.16. Cronograma anual sobre las valoraciones efectuadas en relación al calendario competitivo (CAT: Cataluña; EXT: Extremadura; VAL: Valencia; BAL: Baleares; AST: Asturias; MAD: Madrid; AND: Andalucía; PV: País Vasco; I: campeonatos Internacionales; N: campeonatos nacionales).

3.2.5.4 COMITÉ DE ÉTICA

El presente estudio se llevó a cabo de conformidad con los principios éticos para las investigaciones biomédicas en seres humanos establecidos en la declaración de Helsinki (World Medical Association, 1964), las recomendaciones de buena práctica clínica de la Comunidad Europea (documento 111/3976/88 de julio de 1990) y la normativa legal española que regula la investigación clínica en humanos (Real Decreto 561/1993 sobre estudios clínicos). A lo largo del estudio se respetó el compromiso moral y ético de confidencialidad en el manejo de los datos personales.

La investigación cuenta con el Informe positivo del Comité de Ética de Investigaciones Clínicas de la Administración Deportiva de Cataluña (Anexo 9.5), órgano colegiado administrativo

competente para evaluar los protocolos de investigación clínica e investigación en el ámbito de las ciencias del deporte promovidos por los organismos de la administración deportiva de la Generalitat de Catalunya (DOGC 4347 – 21.3.2005; pp. 6998-7000).

3.3 Diseño

3.3.1 TIPO DE ESTUDIO

El estudio se enmarca en el ámbito de la valoración funcional, cuyas principales áreas de actuación son: a) el control médico y deportivo; b) el diagnóstico funcional; c) el control y la optimización del rendimiento; d) las pruebas fisiológicas; y e) el pronóstico del rendimiento (Rodríguez & Aragonés, 1992). El modelo de estudio, descrito en la figura 2.1, se basa en un modelo multifactorial de análisis de la estructura condicional del rendimiento deportivo (Rodríguez, 1989). Dicho modelo ha sido utilizado anteriormente en estudios con tenistas (Solanelas, 1995; Solanelas y Rodríguez, 1996), jugadores de balonmano (Fernández, 1999; Fernández Romero et al., 2001), nadadores jóvenes (Saavedra, 2002; Saavedra et al., 2010) y jugadoras de balonmano (Vila 2002; Vila Suárez et al., 2002). Utilizando dicho modelo, la presente investigación pretende describir la estructura somática, condicional y técnica de la población de gimnastas españoles que compiten a nivel nacional y/o internacional, en todas las categorías (apartado 2.1).

El estudio es de tipo descriptivo y transversal y utiliza un método observacional sistematizado (Anguera, 1985). Según el criterio de clasificación de variables en modelos multivariantes (Hair et al., 2001), la "variable respuesta" o dependiente corresponde al rendimiento en gimnasia artística, cuantificado mediante un ranking obtenido en base al criterio de puntuación del CP-FIG en su versión válida para el año 2005 y su consecuente transposición al CP-RFEG. Así, se estableció un ranking general para cada grupo de estudio (apartado 3.1), obtenido en base al mejor resultado competitivo individual durante el año 2005 de cada gimnasta, en cada uno de los 6 aparatos competitivos. Del sumatorio de las mejores notas de cada uno de los 6 aparatos, se establece la posición individual de cada gimnasta en el ranking. Se incluye un factor corrector de signo negativo (-2,5%) de las puntuaciones obtenidas en un campeonato nacional, respecto de la competición internacional (sin corrección). Las "variables predictoras" o independientes del presente estudio son todas las variables observadas en cada una de las valoraciones realizadas: 1) valoración de antecedentes sociales y deportivos (VASD); 2) valoración somática (VS); 3) valoración de la condición física general (VCFG); 4) valoración de la condición física específica (VCFE); y 5) valoración de la técnica (VT). Dado el elevado número de variables predictoras potenciales del presente estudio (n=136) y con el fin de evitar las funciones redundantes por una excesiva cantidad de variables, se aplicó el criterio propuesto por Norman y Streiner (2007). Según dicho criterio, el número máximo de variables sujetas a ser seleccionadas por los modelos multivariantes se limita según la siguiente ecuación:

$$n / n_v \geq 5,0$$

(Eq. 32)

donde n = número de sujetos
 n_v = número de variables

Consecuentemente, el número máximo de variables a incluir en la valoración multidimensional (VM) se estableció según el número de gimnastas en cada grupo de estudio (Tabla 3.11).

Tabla 3.11. Número máximo de variables susceptibles de entrar en los modelos multivariantes

Grupos	G1	G2	G3/G4	G5
Número de sujetos (n)	28	25	33	25
Número de variables (n_v)	5	5	6	5

El criterio metodológico también considera las variables extrañas, definidas como aquellas que, sin ser variables dependientes ni independientes, sí pueden afectar a las segundas. Su origen y su eventual control pueden radicar en:

El observador. Todas las valoraciones las llevó a cabo un único observador (apartado 3.2.5.1), quién siguió de forma escrupulosa las normas del protocolo de cada una de las pruebas (apartado 3.2.1).

El contexto observacional. La presente investigación se configura como un estudio de campo que cubre todo el territorio nacional. Al objeto de minimizar posibles variables extrañas relacionadas con el diseño, se mantuvieron constantes, dentro de las limitaciones que supone este tipo de estudio, las condiciones de protocolo (apartado 3.2.1), orden de las diferentes pruebas (apartado 3.2.5.2.1), calibración de los instrumentos de medición, etc.

Los sujetos observados. Se estudió la práctica totalidad de la población gimnasta masculina nacional sujeta a las bases competitivas de la FIG (categorías júnior y sénior) y la RFEG (categorías benjamín, alevín, infantil, juvenil). Ello conlleva un espectro de edades entre los 7 y los 30 años, aproximadamente. Teniendo en cuenta la naturaleza físico-técnica de la mayoría de las pruebas, se estableció como esencial mantener, en la medida de lo posible, niveles elevados de compromiso y motivación respecto a las pruebas y valoraciones. En aquellos casos en que la fiabilidad de las pruebas no está documentada, o bien se hace necesaria su realización, se procedió a su determinación (apartados 4.1.2, 4.4.1.5, y 4.5.2).

3.3.1.1 VALORACIÓN DE ANTECEDENTES SOCIALES Y DEPORTIVOS

La valoración de antecedentes sociales y deportivos (VASD) recoge los datos generales de cada gimnasta (apartado 3.2.2.1) y analiza las variables que se presentan en la Tabla 3.12.

Tabla 3.12. Variables contempladas en el cuestionario de antecedentes sociales y deportivos

VALORACIÓN	VARIABLES (n=33)	TIPO	UNIDADES	FACTOR
Antecedentes sociales (n=7)	Número de hermanos/as	CD	Nº hermanos	A. sociales
	Práctica deportiva de la madre	QN	--	A. sociales
	Práctica deportiva del padre	QN	--	A. sociales
	Profesión de la madre	QN	--	A. sociales
	Profesión del padre	QN	--	A. sociales
	Tipo de desplazamiento hasta el gimnasio	QN	--	A. sociales
	Vinculación hermanos/as respecto la gimnasia	QN	--	A. sociales
Práctica deportiva (n=6)	Primer deporte practicado	QN	--	A. deportivos
	Práctica simultánea con otros deportes	QD	--	A. deportivos
	Edad de inicio de la práctica gimnástica	CD	Años	A. deportivos
	Edad de participación primera competición	CD	Años	A. deportivos
	Motivación para practicar gimnasia	QN	--	A. deportivos
	Aparato gimnástico preferente	QN	--	A. deportivos
Entrenamiento y competiciones (n=12)	Número de sesiones semanales	CD	Nº sesiones	V. entrenamiento.
	Horas semanales de entrenamiento	CD	Nº horas	V. entrenamiento.
	Número de aparatos que se entrenan al día	CD	Nº aparatos	V. entrenamiento.
	Realización de entrenamiento con pesas	QN	--	A. entrenamiento.
	Entrenamiento de carrera fuera del gimnasio	QN	--	A. entrenamiento.
	Conocimiento de términos de entrenamiento	CD	Nº aciertos	A. entrenamiento.
	Conocimiento de objetivos de la temporada	QD	--	A. entren. y comp.
	Conocimiento del CP-FIG y CP-RFEG	QD	--	A. entren. y comp.
	Preferencia de aparato al iniciar competición	QN	--	A. competición.
	Número de competiciones anuales	CD	Nº competiciones	A. competición.
	Orientación al ego o a la tarea	QN	--	A. competición.
Meta final como gimnasta	QN	--	A. competición.	
Historial de lesiones (n=8)	Número de gimnastas con o sin lesión	CD	Nº gimnastas	A. lesionales.
	Número de intervenciones quirúrgicas	CD	Nº Intervenciones	A. lesionales.
	Tipos de lesión	QN	--	A. lesionales.
	Localización de lesiones	QN	--	A. lesionales.
	Causas de lesión	QN	--	A. lesionales.
	Índice de gravedad	QN	--	A. lesionales.
	Tiempo de convalecencia por lesiones	CD	Nº semanas	A. lesionales.
	Estado en el momento de realizar el estudio	QN	--	A. lesionales.

QN: cualitativa nominal; QD: cualitativa dicotómica; CD: cuantitativa discreta; A: antecedentes; V: volumen.

Del conjunto de dichas variables, fueron candidatas a ser seleccionadas por el modelo multivariante (análisis de regresión múltiple y análisis discriminante): años de entrenamiento, horas semanales de entrenamiento y semanas de convalecencia por lesiones. El resto no lo fueron por ser variables cualitativas, no aplicables en el análisis de regresión múltiple (Hair et al., 2001).

3.3.1.2 VALORACIÓN SOMÁTICA

La valoración somática (VS) se estructura en 4 bloques de contenido: 1) medidas (Tabla 3.13); 2) cálculos (Tabla 3.14); 3) datos biométricos parentales (Tabla 3.15); y 4) maduración biológica (Tabla 3.16).

Tabla 3.13. Medidas cineantropométricas de la valoración somática.

VALORACIÓN	VARIABLES (n=40)	TIPO	UNIDADES	FACTOR
Dimensiones corporales (n=5)	Talla	CC	cm	Longitud total del cuerpo
	Talla sentado	CC	cm	Longitud del tronco y la cabeza
	Peso	CC	kg	Masa corporal
	Envergadura	CC	cm	Envergadura de los miembros superiores
	Alcance	CC	cm	Longitud total del cuerpo con brazos extendidos
Longitudes (n=4)	Extremidad superior	CC	cm	Longitud del brazo, antebrazo, y mano
	Extremidad inferior	CC	cm	Longitud del muslo, pierna, y pie (bidepestaación)
	Mano	CC	cm	Longitud de la mano
	Pie	CC	cm	Longitud del pie
Pliegues (n=10)	Tricipital	CC	mm	Grosor del pliegue tricipital
	Subescapular	CC	mm	Grosor del pliegue de la espalda
	Bicipital	CC	mm	Grosor del pliegue bicipital
	Pectoral	CC	mm	Grosor del pliegue pectoral
	Axilar medio	CC	mm	Grosor del pliegue de la línea media axilar
	Ileocrestal	CC	mm	Grosor del pliegue de la cresta iliaca
	Supraespinal	CC	mm	Grosor del pliegue de la zona supraespinal
	Abdominal	CC	mm	Grosor del pliegue abdominal
Diámetros (n=9)	Muslo anterior	CC	mm	Grosor del pliegue del muslo
	Pierna medial	CC	mm	Grosor del pliegue de la pierna (pantorrilla)
	Biacromial	CC	mm	Anchura entre acromios
	Biliaco	CC	mm	Anchura entre crestas iliacas
	Bitrocantéreo	CC	mm	Anchura entre trocánter del fémur
	Transverso del tórax	CC	mm	Anchura transversal de tórax
	Anteroposterior del tórax	CC	mm	Anchura anteroposterior de tórax
	Biepicondíleo de húmero	CC	mm	Anchura de codo
	Biestiloideo	CC	mm	Anchura de muñeca
Bicondíleo de fémur	CC	mm	Anchura de rodilla	
Perímetros (n=12)	Bimaleolar de tobillo	CC	mm	Anchura de tobillo
	Brazo relajado	CC	cm	Perímetro del brazo relajado
	Brazo contraído	CC	cm	Perímetro del brazo flexionado en tensión
	Antebrazo	CC	cm	Perímetro máximo del antebrazo
	Muñeca	CC	cm	Perímetro de la muñeca
	Mesoesternal	CC	cm	Perímetro del tórax
	Cintura	CC	cm	Perímetro mínimo de la cintura
	Glúteo	CC	cm	Perímetro máximo del glúteo
	Muslo	CC	cm	Perímetro del muslo medial
	Pierna	CC	cm	Perímetro máximo de la pierna
	Tobillo	CC	cm	Perímetro mínimo del tobillo
	Cefálico	CC	cm	Perímetro de la cabeza
Cuello	CC	cm	Perímetro del cuello	

CC = cuantitativa continua.

Tabla 3.14. Cálculos cineantropométricos de la valoración somática.

VALORACIÓN	VARIABLES (n=18)	TIPO	UNIDADES	FACTOR
Composición corporal (n=10)	Σ de 6 pliegues	CC	mm	Cantidad de tejido graso
	Masa grasa	CC	%	Cantidad de tejido graso
	Masa libre de grasa	CC	kg	Cantidad de tejido libre de grasa
	Masa muscular	CC	%	Cantidad de tejido muscular
	Masa ósea	CC	%	Cantidad de tejido óseo
	Masa residual	CC	kg	Cantidad de tejidos residuales
	Área grasa del brazo	CC	cm ²	Cantidad de tejido graso en el brazo
	Área muscular del brazo	CC	cm ²	Cantidad de tejido muscular en el brazo
	Área grasa del muslo	CC	cm ²	Cantidad de tejido graso en el brazo
Somatotipo (n=3)	Endomorfismo (I)	CC	—	Gordura relativa
	Mesomorfismo (II)	CC	—	Robustez musculoesquelética relativa
	Ectomorfismo (III)	CC	—	Linealidad relativa
Proporcionalidad (n=5)	Índice de masa corporal	CC	kg/m ²	Relación peso / talla
	Longitud relativa extrem. superior	CC	—	Relación envergadura / talla
	Índice còrmico	CC	—	Relación caderas / hombros
	Índice braquial	CC	—	Relación hombros / talla
	Índice perimetral de extremidades	CC	—	Relación glúteo / talla

CC = cuantitativa continua.

Tabla 3.15. Valoración de los datos biométricos parentales en la valoración somática.

VALORACIÓN	VARIABLES (n=4)	TIPO	UNIDADES	FACTOR
Datos parentales (n=4)	Talla madre	CC	cm	Longitud total del cuerpo de la madre
	Talla padre	CC	cm	Longitud total del cuerpo del padre
	Peso madre	CC	kg	Masa corporal de la madre
	Peso padre	CC	kg	Masa corporal del padre

CC = cuantitativa continua.

Tabla 3.16. Valoración de la maduración biológica en la valoración somática.

VALORACIÓN	VARIABLES (n=3)	TIPO	UNIDADES	FACTOR
Maduración sexual (n=2)	Desarrollo genital	CD	Estadio	Caracteres sexuales secundarios
	Desarrollo vello púbico	CD	Estadio	Caracteres sexuales secundarios
Edad cronol. (n=1)	Edad cronológica	CC	Años	Edad

CD = cuantitativa discreta.

El modelo de análisis multivariante, al establecerse según una secuencia de pasos sucesivos (apartado 3.3.2.10 y 3.3.2.11), seleccionará, para cada una de las valoraciones establecidas (VASD, VS, VCFG, VCFE, VT, VM), aquella variable o conjunto de variables que mejor expliquen la varianza de la variable rendimiento (análisis de regresión múltiple), o que mejor discriminen a la hora de clasificar a cada individuo en función de las categorías establecidas (análisis discriminante). En este caso, como se verá en apartados posteriores (apartado 3.3.2.11): rendimiento elevado, medio o discreto. En ambos casos se ha introducido un número máximo de variables en el modelo según el mencionado criterio de Norman & Streiner (Eq. 31). Así, el grado de correlación (apartado 3.3.2.9) entre cada una de las variables independientes y la variable rendimiento (apartado 3.3.1), permitirá cuantificar la aportación final de cada una de las variables independientes al modelo multivariante (Hair et al., 2001).

3.3.1.3 VALORACIÓN DE LA CONDICIÓN FÍSICA GENERAL

Las variables de la valoración de la condición física general (VCFG) se presentan en la Tabla 3.17.

Tabla 3.17. Valoración de la condición física general: Batería Eurofit.

VALORACIÓN	VARIABLES (n=10)	TIPO	UNIDADES	FACTOR
<i>Carrera de ida y vuelta</i>	<i>Último estadio completado</i>	CD	<i>Nº estadios</i>	<i>Resistencia cardiorrespiratoria</i>
<i>Carrera de ida y vuelta</i>	<i>VO₂max</i>	CC	<i>mL·kg⁻¹·min⁻¹</i>	<i>Resistencia cardiorrespiratoria</i>
<i>Equilibrio del flamenco</i>	<i>Nº de intentos en 1 min</i>	CD	<i>Nº intentos</i>	<i>Equilibrio general</i>
<i>Golpeo de placas</i>	<i>Tiempo en 25 ciclos</i>	CC	<i>s</i>	<i>Velocidad de movimiento</i>
<i>Flexión de tronco adelante</i>	<i>Alcance de las manos</i>	CC	<i>cm</i>	<i>Flexibilidad general</i>
<i>Salto de longitud adelante</i>	<i>Longitud del salto</i>	CC	<i>cm</i>	<i>Fuerza explosiva</i>
<i>Dinamometría manual</i>	<i>Fuerza de prensión manual</i>	CC	<i>kg</i>	<i>Fuerza isométrica máxima</i>
<i>Abdominales en 30 s</i>	<i>Nº de repeticiones</i>	CD	<i>Nº rep.</i>	<i>Fuerza-resistencia abdominal</i>
<i>Suspensión con flexión de brazos</i>	<i>Tiempo suspendido</i>	CC	<i>s</i>	<i>Fuerza-resistencia ES</i>
<i>Carrera de ida y vuelta de 10x5m</i>	<i>Tiempo en 5 ciclos</i>	CC	<i>s</i>	<i>Velocidad / agilidad</i>

CD: Cuantitativa discreta; CC = cuantitativa continua; ES: extremidades superiores.

El criterio para entrar en el modelo de análisis multivariante se establecerá según lo comentado en el apartado 3.3.1.2.

3.3.1.4 VALORACIÓN DE LA CONDICIÓN FÍSICA ESPECÍFICA

Las variables de valoración de la condición física específica (VCFE) se presentan en la Tabla 3.18

Tabla 3.18. Valoración de la condición física específica.

	VALORACIONES (n=23)	VARIABLE	TIPO	UNIDADES	FACTOR	
	<i>Flexión de hombros AV</i>	<i>Flexión hombros AV</i>	CC	Grados	FEA flexión hombros	
	<i>Extensión de hombros RV</i>	<i>Extensión hombros RV</i>	CC	Grados	FEA extensión hombros	
	<i>Giro de hombros AV</i>	<i>ROM hombros AV</i>	CC	Grados	FDA del hombro AV	
	<i>Giro de hombros RV</i>	<i>ROM hombros RV</i>	CC	Grados	FDA del hombro RV	
	<i>Elevación frontal de la EI</i>	<i>Elevación frontal EI</i>	CC	Grados	FEA EI plano antero.	
	<i>Elevación frontal de la EID</i>	<i>Elevación frontal EID</i>	CC	Grados	FEA EID plano antero.	
Flexibilidad (n=13)	<i>Elevación lateral de la EI</i>	<i>Elevación lateral EI</i>	CC	Grados	FEA EI plano frontal	
	<i>Elevación lateral de la EID</i>	<i>Elevación lateral EID</i>	CC	Grados	FEA EID plano frontal	
	<i>Espagat lateral</i>	<i>Espagat lateral</i>	CC	Grados	FEP EI en abducción	
	<i>Espagat frontal izquierda</i>	<i>Espagat izquierda</i>	CC	Grados	FEP EI plano antero.	
	<i>Espagat frontal derecha</i>	<i>Espagat derecha</i>	CC	Grados	FEP EI plano antero.	
	<i>Flexión de tronco</i>	<i>Flexión de tronco</i>	CC	Grados	Flexibilidad general	
	<i>Puente</i>	<i>Puente</i>	CC	Grados	Flexibilidad general	
	Capacidad de salto (n=4)	<i>"Squat jump"</i>	<i>Squat jump</i>	CC	cm	Elevación CG (fuerza explosiva EI)
		<i>"Counter movement jump"</i>	<i>Counter movement jump</i>	CC	cm	Elevación CG (fuerza elástica EI)
		<i>"Rebound jump 5 s"</i>	<i>Rebound jump</i>	CC	ms	Coefficiente VC (fuerza reactiva EI)
<i>"Drop jump 60 cm"</i>		<i>Drop jump</i>	CC	ms	Coefficiente VC (fuerza específica EI)	
Velocidad (n=1)	<i>Carrera de 20 m</i>	<i>Velocidad en 20 m</i>	CC	km·h ⁻¹	Velocidad	
Habilidades gimnásticas de condición física (n=5)	<i>Flexiones en apoyo invertido</i>	<i>Flexiones en vertical</i>	CC	Nº rep.	Función específica	
	<i>Flexiones en suspensión</i>	<i>Flexiones en suspensión</i>	CC	Nº rep.	Función específica	
	<i>Flexiones desde el apoyo</i>	<i>Flexiones en apoyo</i>	CC	Nº rep.	Función específica	
	<i>Elevación EI en suspensión</i>	<i>Abdominales en susp.</i>	CC	Nº rep.	Función específica	
	<i>Olimpico</i>	<i>Olimpico</i>	CC	Nº rep.	Elemento específico	

CC = cuantitativa continua; CD: Cuantitativa discreta; AV = anteversión; RV = retroversión; CG: Centro de gravedad; ROM = "range of motion"; EI = extremidades inferiores; EI = extremidad inferior izquierda; EID = extremidad inferior derecha; FEP = flexibilidad estática pasiva; FEA = flexibilidad estática activa; FDA = flexibilidad dinámica activa; VC: tiempo de vuelo / tiempo de contacto.

El criterio para entrar en el modelo de análisis multivariante se establecerá según lo comentado en el apartado 3.3.1.2.

3.3.1.5 VALORACIÓN DE LA TÉCNICA

La valoración de la técnica (VT) analiza las variables que se presentan en la Tabla 3.19

Tabla 3.19. Valoración de la técnica.

VALORACIÓN (n=5)	VARIABLES	TIPO	UNIDADES	FACTOR	
	<i>Balances en barra fija</i>	<i>Balances en barra fija</i>	CC	Nota sobre 10	HT de balanceo en barra fija
	<i>Balances en anillas</i>	<i>Balances en anillas</i>	CC	Nota sobre 10	HT de balanceo en anillas
CP-FIG (n=5)	<i>Balances en paralelas</i>	<i>Balances en paralelas</i>	CC	Nota sobre 10	HT de balanceo en paralelas
	<i>Molinos en la seta (CA)</i>	<i>Molinos en la seta (CA)</i>	CC	Nota sobre 10	HT de molino en CA
	<i>Test de recepción</i>	<i>Test de recepción</i>	CC	Nota sobre 10	HT de recepción

CC = cuantitativa continua; CA = caballo con arcos; HT = habilidad técnica; FIG = Federación Internacional de Gimnasia

El criterio para entrar en el modelo de análisis multivariante se establecerá según lo comentado en el apartado 3.3.1.2.

3.3.1.6 VALORACIÓN MULTIDIMENSIONAL

La valoración multidimensional es el resultado de la combinación de las valoraciones anteriores, considerando el análisis de regresión múltiple y el análisis discriminante como independientes entre sí. El número máximo de variables seleccionadas dependerá del número de gimnastas que conforman cada grupo de estudio, tal y como se ha justificado anteriormente (apartado 3.3.1).

3.3.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

A continuación se describen brevemente los procedimientos estadísticos utilizados. De forma previa se muestra un esquema que sirve para conceptualizar los principales pasos seguidos a la hora de categorizar y analizar cada una de las variables incluidas en el modelo de análisis (Figura 3.17).

VASD (n=33)	VS (n=65)	VCFG (n=10)	VCFE (n=23)	VT (n=5)
Antecedentes sociales (n=7) Práctica deportiva (n=6) Entrenamiento y competiciones (n=12) Historial de lesiones (n=8)	Medidas cineantropométricas (n=40) Cálculos cineantropométricos (n=18) Datos parentales (n=4) Maduración sexual (n=2) Edad cronológica (n=1)	Eurofit (n=10)	Flexibilidad (n=13) Capacidad de salto (n=4) Velocidad (n=1) Habilidades Gimnásticas de Condición Física (n=5)	Balancesos y Test de recepción CP-FIG (n=5)

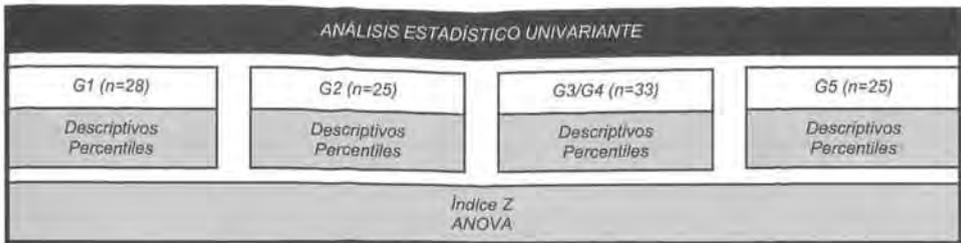


Figura 3.17. Esquema conceptual sobre los procedimientos estadísticos utilizados (VASD = valoración de los antecedentes sociales y deportivos; VS = valoración somática; VCFG = valoración de la condición física general; VCFE = valoración de la condición física específica; VT = valoración técnica; n= número de gimnastas; N_v: número de variables).

3.3.2.1 ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

La distribución de las distintas variables de estudio se caracteriza mediante estadísticos descriptivos básicos: media aritmética, desviación típica y valores mínimo y máximo. Las variables cualitativas del cuestionario de valoración de antecedentes sociales y deportivos se describen mediante la distribución de frecuencia de respuestas. Los estadísticos descriptivos básicos se presentan en relación a cada variable ($n=136$) y para cada grupo de estudio ($n=4$).

3.3.2.2 TRATAMIENTO DE LOS VALORES PERIFÉRICOS

Un valor es considerado periférico cuando en una distribución éste es igual o inferior al tercer cuartil, más 1,5 veces el rango intercuartílico, o bien igual o superior al primer cuartil menos 1,5 veces el rango intercuartílico (Barnett & Lewis, 1994). En los gráficos de caja o "box-plot", los valores periféricos se representan fuera de los extremos delimitados por los corchetes, ya sea mediante un punto (valores atípicos: se alejan 1,5 veces el rango intercuartílico) o bien mediante un asterisco (valores extremos: se alejan 3 veces el rango intercuartílico). El tratamiento en ambos casos suele pasar por el "truncamiento" o eliminación del dato, o bien por su "adecuación" o ponderación a medidas de tendencia central de la propia distribución (Barnett & Lewis, 1994). En este sentido, conviene diferenciar entre una observación atípica fruto de una manifestación extrema inherente a la variabilidad aleatoria de los datos (en cuyo caso el valor debería adecuarse y procesarse) y los "outliers" estadísticos (observaciones que bajo ciertas metodologías pudieran resultar incorrectas), en cuyo caso deberían eliminarse. Si la distribución es normal, ha sido a juicio del propio investigador eliminar ponderar o asumir como real la observación considerada (Barnett & Lewis, 1994).

3.3.2.3 NORMALIDAD DE LA DISTRIBUCIÓN

Actualmente, las pruebas más utilizadas para comprobar el ajuste de los datos a una distribución normal son: a) la prueba de Kolmogorov-Smirnov (KS) con la modificación de Lilliefors, si el tamaño de la muestra es mayor que 30; y b) la prueba de Shapiro Wilks (Shapiro-Wilks) si el tamaño de la muestra es menor o igual a 30 (Álvarez-Cáceres, 2007). La prueba KS se considera muy conservadora, es decir, resulta difícil rechazar la hipótesis nula si hay que estimar los parámetros de la distribución. La prueba Shapiro-Wilks se fundamenta en comparar cuantil a cuantil, o lo que es lo mismo, dato a dato, dos valores: a) el valor esperado bajo la hipótesis de que los datos se distribuyen según una normal; y b) el cuantil o dato observado. La prueba Shapiro-Wilks es más restrictiva a la hora de penalizar la aceptación de la hipótesis nula sobre la distribución normal de un conjunto de datos (Álvarez-Cáceres, 2007). Del grado de significación de ambas pruebas, sea para muestras pequeñas ($n \leq 30$: prueba Shapiro-Wilks) o para muestras mayores ($n > 30$: prueba KS), resultará la aplicación de estadísticos paramétricos ($p \geq 0,05$) o no paramétricos ($p < 0,05$), siempre que se cumpla también el criterio de homogeneidad de las varianzas (Bland & Altman, 1986).

3.3.2.4 HOMOGENEIDAD DE LAS VARIANZAS

La homoscedasticidad u homogeneidad de las varianzas es un requisito previo a la aplicación de pruebas paramétricas (Bland & Altman, 1986). Su comprobación resulta fundamental, especialmente cuando se quiere comparar grupos de datos de diferente tamaño muestral. De todas las posibles pruebas para su determinación (*F* de Snedecor, test de Bartlett, etc.), se ha escogido el test de Levene, el que procesa por defecto el paquete estadístico SPSS. Si $p \leq 0,05$, se asumirá que las varianzas son significativamente distintas, y por lo tanto las pruebas paramétricas quedarán invalidadas (Bland & Altman, 1986).

3.3.2.5 PERCENTILES

El percentil "Pn" es un índice que se aplica para determinar la situación relativa de un sujeto respecto a un grupo. Si la muestra es representativa de una población, como sería el caso (apartado 3.1), las tablas de percentiles pueden ser utilizadas como patrón, permitiendo posteriormente el posicionamiento de un sujeto respecto de la población. En el presente estudio se presentan las tablas de percentiles de aquellas variables más relacionadas con el rendimiento deportivo en GAM (apartado 6). Se introducen utilizando los percentiles P0 a P100, registrando las denominadas bisagras de Tukey (P25, P50 y P75).

3.3.2.6 FIABILIDAD ENTRE MEDICIONES

En aquellos casos en que el protocolo de la prueba exige más de una repetición (apartado 3.2.2), se ha valorado la fiabilidad de las mediciones mediante las pruebas estadísticas correspondientes. Así, cuando las variables son cualitativas, como por ejemplo en el cuestionario de valoración de los antecedentes sociales y deportivos, se utiliza el coeficiente kappa (Cohen, 1960). Éste método test-retest es posiblemente el más utilizado para establecer el grado de fiabilidad de cuestionarios (Comín-Beltrán, 1990; Armitage & Berry, 1997). El coeficiente de kappa oscila entre los valores 0 (ausencia de concordancia) y el valor 1 (concordancia o fiabilidad absoluta). Como regla general, se considerarán malos (0-0,4), aceptables (0,41-0,75) o buenos (>0,75) (Armitage & Berry, 1997).

Cuando las variables son cuantitativas, las pruebas para valorar la fiabilidad se aplican en función de la distribución y características de la muestra. Para muestras de distribución normal y varianzas homogéneas se utiliza el índice de correlación intraclass o CCI (Fleiss, 1986). Este coeficiente permite evaluar la concordancia general entre dos o más variables diferentes basándose en el modelo de análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas (Fleiss, 1986). Los valores del CCI pueden oscilar entre los 0 (ausencia de concordancia) y 1 (concordancia o fiabilidad absoluta). Como regla general, se valora como baja ($\leq 0,4$), regular a buena (0,5-0,75) o excelente (0,75) (Fleiss, 1986). Para muestras que no se distribuyen normalmente se utiliza el coeficiente de correlación por rangos de Spearman (ρ) para muestras no paramétricas (Álvarez-Cáceres, 2007), cuyos valores se encuentran entre -1 y +1 (asociaciones totales negativas o positivas, respectivamente) hasta 0 (ausencia de concordancia).

Finalmente, y aunque no supone un método para valorar la fiabilidad o concordancia entre variables, en algunos casos se incluye el coeficiente de variación de Pearson (CV) con el objetivo de evaluar el grado de dispersión de determinados grupos de variables. Este índice de dispersión de medidas relativas se define como el cociente entre la desviación típica y el valor absoluto de la media aritmética. El CV representa el número de veces que la desviación típica contiene a la media aritmética. Cuanto mayor es el CV, mayor es la dispersión y menor la representatividad de la media.

3.3.2.7 TIPIFICACIÓN DE LAS VARIABLES (ÍNDICE Z)

En la distribución normal tipificada o $N(0,1)$ la media corresponde al valor 0 y la varianza corresponde al valor 1. La tipificación responde a la operación de transformar el valor de una variable aleatoria X por valor de otra variable Z de distribución tipificada. Dicho procedimiento se establece por medio de la siguiente expresión:

$$Z = (X_i - \mu) / \sigma \quad (\text{Eq. 33})$$

donde X_i = valor de la variable
 μ = media de la variable
 σ = desviación típica

Así, se realiza una conversión a escala para expresar los resultados brutos como resultados estándar (índice z), mediante los cuales resulta posible comparar una variable con otra respecto a sus posiciones y distribuciones, en este caso, para cada uno de los grupos de estudio.

3.3.2.8 ANÁLISIS DE LA VARIANZA (ANOVA)

El ANOVA o análisis de la varianza se utiliza cuando se quieren comparar más de dos medias de forma simultánea. En el modelo unifactorial (ANOVA de un factor) existe una variable dependiente cuantitativa y una variable independiente cualitativa o factor de agrupación. En el caso que nos ocupa, las primeras están representadas por cada una de las variables objeto de estudio ($n=136$), y la segunda por el factor de agrupación (los $n=4$ grupos de estudio), tal y como se ha justificado en el apartado 3.1. En el ANOVA, si existe significación estadística ($p \leq 0,05$), se rechazará la hipótesis nula, concluyendo que al menos una de las medias será diferente a las demás. Para comprobar entre qué medias se encuentra dicha la diferencia, será necesario proceder a métodos de comparación *post-hoc* (Bland & Altman, 1986). En el presente estudio, se siguen las recomendaciones efectuadas por Martínez-González & Yanguas-Barea (2001), quienes señalan que, pese a no existir consenso, de los dos procedimientos *post-hoc* más utilizados, los propuestos por Bonferroni y Scheffé, éste parece más adecuado cuando los grupos a comparar son reducidos, mientras que el procedimiento de Bonferroni sería demasiado conservador. En relación con los métodos de comparación *post-hoc* y al objeto de evitar el error de familiaridad entre variables, se procedió a ajustar el valor de p mediante la corrección de Bonferroni ($p_{ajustada} = p / k_{grupos}$), restringiendo así el grado de significación a $p < 0,013$. Finalmente, y tal y como se ha

señalado en apartados anteriores (apartados 3.3.2.3 y 3.3.2.4), el ANOVA requiere una serie de asunciones previas que conviene no obviar (Álvarez-Cáceres, 2007). En función de dichos criterios se desarrollará el análisis de la varianza mediante estadísticos paramétricos (ANOVA de un factor) o sus análogos no paramétricos (Kruskal-Wallis). En este último caso, al no permitir métodos de comparación *post-hoc*, en el supuesto de que se rechazase la hipótesis nula de igualdad de medianas, se aplicarán métodos de comparación de dos a dos mediante la prueba no paramétrica de la U de Mann-Whitney (Martínez-González et al., 2001).

3.3.2.9 CORRELACIÓN BIVARIADA

Para averiguar si dos variables cuantitativas están asociadas y determinar cuál es la función matemática que rige su dependencia, se utiliza la correlación lineal de Pearson. Existe dependencia lineal entre dos variables aleatorias cuando las medidas de asociación lineal son técnica y estadísticamente significativas. La correlación lineal entre dos variables aleatorias suele expresarse mediante la ecuación de la recta estimada, el coeficiente de correlación (r) o su cuadrado (r^2), denominado coeficiente de determinación, o bien gráficamente mediante una nube de puntos y su ecuación de regresión lineal (Álvarez-Cáceres, 2007). En el presente estudio se emplea la correlación para analizar la magnitud y el signo de la relación lineal existente entre la variable dependiente, que es el rendimiento deportivo, expresado mediante el establecimiento de un ranking general (apartado 3.3.1), y el resto de variables independientes (cada una de las variables de las diferentes valoraciones). Finalmente, en función del cumplimiento de suposiciones para la aplicación de estadísticos paramétricos, se procederá a calcular el índice de correlación lineal de Pearson o bien su prueba análoga no paramétrica, el índice de correlación de Spearman.

3.3.2.10 ANÁLISIS DE REGRESIÓN MÚLTIPLE

Esta técnica estadística analiza la relación entre una única variable criterio (variable dependiente), en nuestro caso el ranking gimnástico, y diversas variables predictoras (variables independientes, $n=136$). El objetivo del análisis de regresión múltiple es utilizar las variables independientes, cuyos valores son conocidos, para predecir la única variable criterio seleccionada. Cada variable predictor se pondera indicando su contribución relativa a la predicción conjunta (Hair et al., 2001). Como en todos los modelos de análisis multivariante, es necesario contrastar una serie de supuestos que eviten una interpretación espuria de los resultados. Estos supuestos se establecen entre la variable dependiente y cada una de las variables independientes, y son (Hair et al., 2001): a) normalidad en la distribución; b) relación de linealidad; c) homogeneidad de varianzas; y d) independencia de las variables predictoras. La constatación de cada uno de estos supuestos se establece mediante el análisis de los valores residuales, o lo que es lo mismo, mediante el análisis de la diferencia entre los valores observados y las predicciones de la variable criterio (Hair et al., 2001) La selección de cada una de las variables predictoras se desarrolla mediante el método denominado de inclusión por pasos, en el que se incluye una variable en cada etapa. La primera es aquella variable independiente que explica un mayor porcentaje de la varianza de la variable

criterio. La segunda debe explicar un porcentaje mayor de la variable criterio no explicado por la primera, y así sucesivamente, hasta que no se seleccionen más variables en el modelo. El criterio que permite incluir o excluir las diferentes variables predictoras se basa en el cálculo de un valor F para cada variable predictora, incluyéndose en la ecuación de regresión aquellas variables cuya probabilidad de $F \leq 0,05$ y excluyéndose las variables cuya probabilidad de $F \geq 0,10$. Para conocer la fuerza de la asociación entre la variable criterio y las variables predictoras se utiliza el coeficiente de determinación (r^2). Un coeficiente igual a 1 indica que el 100% de la varianza de la variable criterio viene explicado por las variables predictoras y que la relación lineal entre variables es perfecta. Por el contrario, si el valor del coeficiente de determinación es igual a 0, las variables predictoras explican el 0% de la varianza de la variable criterio y no existe ninguna relación lineal entre las variables.

3.3.2.11 ANÁLISIS DISCRIMINANTE

Complementario al análisis de regresión múltiple, resulta de gran utilidad si deseamos distribuir a los gimnastas en diversos grupos y determinar cuáles serán las variables de mayor valor de predicción a la hora de detectar a un sujeto con características potenciales para rendir deportivamente en gimnasia artística masculina. En el presente estudio se decidió dividir la variable rendimiento (ranking) de cada uno de los grupos de estudio (G1, G2, G3/4, G5) mediante dos puntos de corte (33,3%), estableciéndose así tres grupos: gimnastas de rendimiento elevado (el 33,3% de los mejores clasificados de cada grupo), de rendimiento medio (el 33,3% de las puntuaciones centrales de cada grupo) y de rendimiento discreto (el 33,3% de los peor clasificados de cada grupo). El análisis discriminante exige la constatación de unos supuestos previos (Hair et al., 2001): a) normalidad en la distribución de las variables independientes; b) relación de linealidad entre la variable dependiente y las independientes; c) ausencia de multicolinealidad entre las variables independientes; y d) igualdad de distribución de las matrices.

Igual que en el análisis de regresión simple, el método de selección de variables más utilizado es el de inclusión por pasos, que consiste en ir eligiendo en cada paso aquella variable predictora que más discrimine. El criterio para conocer si una variable discrimina o no es, además del valor F ($F_{entrada} \leq 0,05$; $F_{salida} \geq 0,10$), la λ de Wilks (λ), cuyo valor mide las desviaciones dentro de cada grupo con respecto a las desviaciones totales. Si su valor es pequeño, la variabilidad es debida a las diferencias entre grupos y, por tanto, la variable correspondiente discriminará a los grupos. Por el contrario si su valor es próximo a 1, los grupos están entremezclados y el conjunto de variables predictoras no será adecuado para construir la función discriminante (Hair et al., 2001).