



UNIVERSITAT DE  
BARCELONA

## Valoración nutricional de jóvenes nadadoras de natación sincronizada

Marta Carrasco Marginet

**ADVERTIMENT.** La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX ([www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)) i a través del Dipòsit Digital de la UB ([diposit.ub.edu](http://diposit.ub.edu)) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX ni al Dipòsit Digital de la UB. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX o al Dipòsit Digital de la UB (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

**ADVERTENCIA.** La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR ([www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)) y a través del Repositorio Digital de la UB ([diposit.ub.edu](http://diposit.ub.edu)) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR o al Repositorio Digital de la UB. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR o al Repositorio Digital de la UB (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

**WARNING.** On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX ([www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)) service and by the UB Digital Repository ([diposit.ub.edu](http://diposit.ub.edu)) has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized nor its spreading and availability from a site foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository is not authorized (framing). Those rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.



**INEFC**

Institut Nacional  
d'Educació Física  
de Catalunya

**Barcelona**

Adscrit a la Universitat de Barcelona



Generalitat  
de Catalunya



Universitat de Barcelona

Facultat d'Educació

# Universidad de Barcelona

Facultad de Educación

## Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña

Centro de Barcelona

---

Programa de doctorado:

**ACTIVIDAD FÍSICA, EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTE**

---

### Valoración nutricional de jóvenes nadadoras de natación sincronizada

Tesis doctoral presentada por:

**Marta Carrasco Marginet**

Directores:

**Dr. Daniel Brotons Cuixart**

**Dr. Alfredo Irurtia Amigó**

Tutor:

**Dr. Xavier Iglesias Reig**

Para optar al título de:

**Doctora por la Universidad de Barcelona**

Barcelona, 2015



La presente investigación ha sido subvencionada parcialmente a través de los siguientes medios:

- Beca predoctoral gestionada por la “*Agència de Gestió d’Ajuts Universitàries i de Recerca*” (AGAUR), cofinanciada por el “*Consell Català de l’Esport*” y el “*Institut Nacional d’Educació Física de Catalunya*”. Referencia de la concesión: VCP/3346/2009.
- Proyecto de investigación competitivo, titulado: “*Caracterització estructural y bioenergètica de la natació sincronitzada*”, y financiado por el “*Institut Català de les Dones*” de la “*Generalitat de Catalunya*”, siendo su investigador principal, el Dr. Xavier Iglesias (INEFC Barcelona). Referencia de la concesión: U-34/10.
- Proyecto de investigación competitivo, titulado: “*Synchro Project: Caracterización estructural y bioenergética de la natación sincronizada*”, y financiado por el Consejo Superior de Deportes del Gobierno de España, siendo su investigador principal, el Dr. Xavier Iglesias (INEFC Barcelona). Referencia de la concesión: 001/UPB10/11.

Los procedimientos y resultados parciales de la presente investigación han sido objeto de reconocimiento por parte de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición, del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, del Gobierno de España, mediante la otorgación del primer premio al proyecto “*Educación nutricional de jóvenes deportistas adolescentes en proceso de tecnificación deportiva*” en la convocatoria de los VII Premios Estrategia NAOS, edición 2013. Resolución publicada el 20 de junio de 2014, en el BOE 150/3/48397.

Carrasco, M. (2015). Valoración nutricional de jóvenes nadadoras de natación sincronizada.

Tesis Doctoral. Barcelona: Universidad de Barcelona.

Dirección:

Tecnocampus Mataró-Maresme. Escuela Superior de Ciencias de la Salud.

Avda. Ernest Lluch, 32 (Puerta Laietana)

08302 Mataró (Barcelona)

mcarrasco@tecnocampus.cat

+34 600 557 482

*La importància d'un primer pas no es concentra en quant llarg és el seu recorregut, sinó en el sentit i direcció que hem decidit atorgar-li.*

*El meu amor, 2015.*



## 1. DEDICATORIAS

A mis padres, que me cuidan desde las estrellas. Os tengo presentes cada día. Para vosotros siempre será mi primer recuerdo. Como veis, he conseguido llegar, no sé si al final o al principio del camino, pero en todo caso, a un lugar que me acerca más a sentir vuestro orgullo.

A mi hermana Anna, por ser y estar, desde siempre. Tú y yo. Sabes que te necesito en el presente de mi día a día. Acudir a tu voz me alienta y me recuerda que, pese al ocaso que nos deparó la vida, nos tenemos.

A mis dos princesas, Martina y Júlia. Dos haces de luz e inocencia en una vida que quiero seguir descubriendo a vuestro lado. Recordadlo siempre, mis pequeñas: sois lo mejor que me ha pasado en la vida.

A mi familia, Alfredo y Montse, Noemí y Estíbaliz. Padres y hermanas de mi amor. No puedo expresar con palabras lo importante que es sentir vuestro calor y ternura, constantes. Sois ya, parte de mí.

A mi corazón, Freddy. Por darme la oportunidad de descubrirte. Por ser todo. Por hacerme sentir que yo también soy todo. Por la complicidad de tus miradas. Por tener la capacidad de hacerme sonreír. *T'estimo, amor!*

## 2. AGRADECIMIENTOS

*A las personas:*

- A todas las madres y padres, entrenadoras y nadadoras, que han participado en esta investigación. Sin su decidido apoyo y colaboración, este proyecto no hubiera podido ni tan siquiera, nacer.
- A Daniel Brotons i Cuixart, por su confianza, amistad y constante apoyo hacia mi persona. Él fue el primero en darme la oportunidad de trabajar como nutricionista en el ámbito deportivo. Por ello, y por la estima que personalmente nos une, quisiera expresar en estas líneas mi más sincero agradecimiento.
- A Beatriz Galilea Ballarini por ser mi confidente y mi amiga. Por creer en mí. Por hacerme entender que las cosas, a veces, son más fáciles de lo que podríamos imaginar. Simplemente hace falta creer en ellas. Por ayudarme en el desarrollo de la presente investigación. Por ser alguien a la que constantemente quiero ver, y escuchar.
- A M<sup>a</sup> Antonia Zamora Sala. Gran profesional y todavía mejor persona. Una compañera con mayúsculas. Toni, no tengo palabras para expresar cuánto agradezco el hecho de haberte conocido. Compartir nuestros “momentos entre enfermeras”. Mi mejor maestra. *Una forta abraçada, Toni.*
- A todo el equipo de profesionales de la Unidad de Medicina del Deporte del “*Consell Català de l’Esport*”, encabezada por el Dr. Jose Antonio Gutiérrez Rincón. Por acogerme como una más del equipo. Por vuestro trato amable. Es tanta la confianza que habéis depositado en mí que no se me ocurre mejor forma de compensároslo finalizando la presente tesis doctoral, e intentando poder aplicar los resultados obtenidos en el día a día de los y las deportistas.

- A M<sup>a</sup> Victoria Pons Sala. Vicky me ayudó como deportista desde mis inicios en el alto rendimiento, y como nutricionista también en mis primeros pasos. Una fuente de saber. La referencia, sin duda alguna.
- A Eulàlia Vidal Garcia. Mi profesora y tutora en el trabajo final de carrera. Creyó en mí, dándome la oportunidad de trabajar como docente universitaria en la Diplomatura de Nutrición y Dietética Humana de la Facultad de Ciencias de la Salud Blanquerna. Gran profesional, exigente y siempre cercana. Un punto de referencia en mi desarrollo intelectual.
- A Lara Rodríguez Zamora. Por ayudarme en el desarrollo de la presente tesis doctoral. Desde estas líneas, quiero agradecer, y reconocer, la ayuda prestada. Espero que nos podamos reencontrar en el camino, y así poder seguir compartiendo buenos momentos.
- A Jordi Porta Manzanido. Por formarme en el método antropométrico, introducirme en el análisis del método bioeléctrico y, sobre todo, por apreciarme. Por ser maestro. Sapere aude!!
- A Ferran Rodríguez Guisado. Por ayudarme, siempre. Por saber, pero sobre todo, por entender. Por su solidaridad a la hora de compartir su conocimiento científico por el simple hecho de creer en la persona que quiere recibirlo. Por contar con su amistad.
- A Xavier Iglesias Reig. Por ser todo corazón y alma. Por tener la capacidad de ser y estar, siempre. Por ser una persona importante en mi vida. Por darme la oportunidad de colaborar en su proyecto de investigación sobre natación sincronizada, y así posibilitar la consecución final de la presente tesis.

*A las instituciones:*

- A la *Secretaria General de l'Esport*, por dotar de una beca de formación investigadora al proyecto madre de la presente investigación, titulado “*Hàbits i estils de vida de joves adolescents femenines en funció del nivell de pràctica esportiva*”. Tres años que ayudaron a la elaboración final de la presente tesis doctoral y la publicación inminente de varios artículos científicos.
- Al *Consell Català de l'Esport* (CC <sup>III</sup> haberme dado la oportunidad, una vez finalizada mi carrera deportiva como pentatleta y también concluidos mis estudios universitarios, de iniciarme en el mundo laboral, como enfermera y nutricionista en el Centro de Tecnificación Deportiva de Esplugues de Llobregat.
- Al *Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya* (INEFC), por haberme acogido en su seno, formándome y permitiéndome crecer como persona y como profesional.
- Al *Centre d'Alt Rendiment de Sant Cugat del Vallès* (CAR), por ser el centro en el cual crecí y me eduqué como deportista.
- A la “*Federació Catalana de Natació*”, por facilitarme el acceso a las mejores nadadoras catalanas de natación sincronizada y, por lo tanto, a gran parte de las mejores nadadoras del país.
- A la Federación Madrileña de Natación, por colaborar en el presente proyecto de investigación facilitándome el acceso al grupo de nadadoras de su plan de tecnificación.
- A la Real Federación Española de Natación, por permitirme valorar a las nadadoras del equipo nacional júnior y así proporcionar la máxima calidad deportiva a la muestra objeto de estudio de la presente investigación.

- A los clubes CN Granollers, CN Kallípolis, AD Sincronizada Retiro, y a todas sus entrenadoras, por su colaboración activa a la hora de poder monitorizar todas las variables de estudio de la presente investigación. Sin su predisposición y apoyo incondicional, nada de esto hubiera sido posible.
- A la *Facultat de Ciències de la Salut Blanquerna (Universitat Ramon Llull)*, por formarme en “Nutrición y Dietética Humana”, y también en “Enfermería”. Por darme la oportunidad, por primera <sup>IV</sup> vez, de ser docente universitaria. Por recordar, con el máximo afecto, a responsables y compañeras profesoras del Grado en Nutrición y Dietética Humana.
- A l'*Escola Superior de Ciències de la Salut Tecnocampus (Universitat Pompeu Fabra)*. Por darme la oportunidad, por primera vez, de contribuir plenamente al desarrollo de un proyecto académico universitario, como lo es el Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Gracias por la confianza, gran parte de la cual espero poder compensar con la finalización de la presente tesis doctoral.

## ÍNDICE GENERAL

1. DEDICATORIAS	I
2. AGRADECIMIENTOS	II
3. ÍNDICE DE CONTENIDOS	VII
4. ÍNDICE DE FIGURAS	XII
5. ÍNDICE DE TABLAS	XIII
6. RESUMEN	XVII
7. ABSTRACT	XVIII

### 3. ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>26</b>
<b>1.1</b>	<b>Estructura deportiva de la natación sincronizada .....</b>	<b>27</b>
1.1.1	Estructura de competición .....	29
1.1.2	Estructura de entrenamiento .....	30
<b>1.2</b>	<b>Estructura condicional y fisiológica de la natación sincronizada .....</b>	<b>33</b>
1.2.1	Caracterización técnica .....	33
1.2.2	Caracterización somática.....	34
1.2.3	Caracterización bioenergética .....	39
1.2.3.1	Metabolismo aeróbico .....	39
1.2.3.2	Metabolismo anaeróbico .....	43
1.2.4	Parámetros hematológicos y bioquímicos .....	45
1.2.4.1	Serie roja .....	46
1.2.4.2	Serie blanca .....	48
1.2.4.3	Serie plaquetaria .....	50
1.2.4.4	Eritrosedimentación.....	50
1.2.4.5	Metabolismo del hierro .....	51
1.2.4.6	Glucemia .....	54
1.2.4.7	Función renal.....	55
1.2.4.8	Función muscular .....	57
1.2.4.9	Función hepática y vías biliares .....	58
1.2.4.10	Colesterol y triglicéridos .....	60
<b>1.3</b>	<b>Nutrición en natación sincronizada .....</b>	<b>63</b>
1.3.1	Recomendaciones nutricionales .....	63
1.3.1.1	Balance energético .....	63
1.3.1.2	Macronutrientes.....	65
1.3.1.3	Fibra dietética.....	67
1.3.1.4	Micronutrientes .....	70
1.3.1.4.1	Vitaminas .....	70
1.3.1.4.2	Minerales.....	73
1.3.2	Hidratación.....	76
1.3.3	Síndrome de la tríada de la deportista .....	80
1.3.4	Trastornos de la conducta alimentaria.....	82
1.3.5	Educación nutricional.....	85
<b>2</b>	<b>JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS .....</b>	<b>87</b>
<b>2.1</b>	<b>Justificación .....</b>	<b>88</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos .....</b>	<b>90</b>
2.2.1	Objetivos generales .....	90
2.2.2	Objetivos específicos.....	90
2.2.2.1	Valoración nutricional .....	90
2.2.2.2	Valoración somática .....	90

2.2.2.3	Valoración hematológica y bioquímica .....	91
2.2.2.4	Valoración bioeléctrica.....	91
2.2.2.5	Valoración hídrica .....	91
<b>3</b>	<b>MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>92</b>
<b>3.1</b>	<b>Sujetos .....</b>	<b>93</b>
<b>3.2</b>	<b>Métodos .....</b>	<b>94</b>
3.2.1	Tipos de valoración .....	94
3.2.2	Instrumentos y métodos de valoración .....	95
3.2.2.1	Valoración nutricional .....	95
3.2.2.2	Valoración somática .....	97
3.2.2.3	Valoración hematológica y bioquímica .....	98
3.2.2.4	Valoración bioeléctrica.....	99
3.2.2.5	Valoración hídrica .....	103
3.2.3	Material .....	104
3.2.3.1	Valoración nutricional .....	104
3.2.3.2	Valoración somática .....	104
3.2.3.3	Valoración hematológica y bioquímica .....	105
3.2.3.4	Valoración bioeléctrica.....	105
3.2.3.5	Valoración hídrica .....	107
3.2.4	Instalaciones .....	107
3.2.5	Procedimiento de obtención de datos .....	108
3.2.5.1	Personal investigador .....	108
3.2.5.2	Temporización (práxis de actuación) .....	109
3.2.5.3	Consentimiento informado .....	111
3.2.5.4	Comité de ética .....	111
<b>3.3</b>	<b>Diseño .....</b>	<b>112</b>
3.3.1	Tipo de estudio.....	112
3.3.1.1	Valoración nutricional .....	113
3.3.1.2	Valoración somática .....	113
3.3.1.3	Valoración hematológica y bioquímica .....	115
3.3.1.4	Valoración bioeléctrica.....	117
3.3.1.5	Valoración hídrica .....	117
3.3.2	Análisis estadístico .....	118
3.3.2.1	Estadísticos descriptivos.....	118
3.3.2.2	Tratamiento de los valores periféricos.....	118
3.3.2.3	Normalidad de la distribución .....	119
3.3.2.4	Homogeneidad de las varianzas .....	119
3.3.2.5	Fiabilidad entre mediciones.....	120
3.3.2.6	Prueba T de Student .....	121
3.3.2.7	Prueba T <sup>2</sup> de Hotelling .....	121
3.3.2.8	Correlación bivariada .....	122

<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>123</b>
<b>4.1</b>	<b>Valoración nutricional .....</b>	<b>124</b>
4.1.1	Validez del registro alimentario .....	124
4.1.2	Fiabilidad del registro alimentario .....	126
4.1.2.1	Intrasujeto.....	126
4.1.2.2	Intersujeto.....	128
4.1.3	Estadísticos descriptivos .....	130
4.1.3.1	Balance energético .....	130
4.1.3.2	Macronutrientes.....	130
4.1.3.3	Micronutrientes .....	131
4.1.4	Comparación inter-grupos.....	132
4.1.4.1	Balance energético .....	132
4.1.4.2	Macronutrientes.....	132
4.1.4.3	Micronutrientes .....	133
4.1.5	Comparación intra-grupos.....	134
4.1.5.1	Balance energético .....	134
4.1.6	Comparación con ingesta diaria recomendada.....	134
4.1.6.1	Macronutrientes.....	134
4.1.6.2	Micronutrientes .....	136
<b>4.2</b>	<b>Valoración somática .....</b>	<b>138</b>
4.2.1	Estadísticos descriptivos .....	138
4.2.1.1	Dimensiones corporales .....	138
4.2.1.2	Pliegues cutáneos .....	139
4.2.1.3	Diámetros corporales.....	139
4.2.1.4	Perímetros corporales.....	140
4.2.1.5	Composición corporal .....	140
4.2.1.6	Somatotipo .....	140
4.2.1.7	Proporcionalidad .....	142
4.2.2	Comparación inter-grupos.....	142
4.2.2.1	Dimensiones corporales .....	142
4.2.2.2	Pliegues cutáneos .....	143
4.2.2.3	Diámetros corporales.....	143
4.2.2.4	Perímetros corporales.....	144
4.2.2.5	Composición corporal .....	144
4.2.2.6	Somatotipo .....	145
4.2.2.7	Proporcionalidad .....	145
4.2.3	Comparación intra-grupos.....	146
<b>4.3</b>	<b>Valoración hematológica y bioquímica.....</b>	<b>146</b>
4.3.1	Estadísticos descriptivos .....	147
4.3.1.1	Serie roja .....	147
4.3.1.2	Serie blanca .....	147
4.3.1.3	Serie plaquetaria .....	147

4.3.1.4	Eritrosedimentación.....	148
4.3.1.5	Metabolismo del hierro .....	148
4.3.1.6	Glucemia .....	148
4.3.1.7	Función renal.....	148
4.3.1.8	Función muscular .....	149
4.3.1.9	Función hepática y vías biliares .....	149
4.3.1.10	Colesterol y triglicéridos .....	149
<b>4.4</b>	<b>Valoración bioeléctrica .....</b>	<b>149</b>
4.4.1	Estadísticos descriptivos .....	150
4.4.1.1	Resistencia.....	150
4.4.1.2	Reactancia .....	150
4.4.1.3	Módulo de bioimpedancia .....	150
4.4.1.4	Ángulo fase .....	151
4.4.1.5	Análisis del vector de bioimpedancia (BIVA).....	151
4.4.2	Comparación inter-grupos.....	152
4.4.2.1	Resistencia.....	152
4.4.2.2	Reactancia .....	153
4.4.2.3	Módulo de bioimpedancia .....	153
4.4.2.4	Ángulo fase .....	154
4.4.3	Comparación intra-grupos.....	154
4.4.3.1	Resistencia.....	155
4.4.3.2	Reactancia .....	155
4.4.3.3	Módulo de bioimpedancia .....	155
4.4.3.4	Ángulo fase .....	156
4.4.3.5	Análisis del vector de bioimpedancia (BIVA).....	156
4.4.4	Análisis correlacional del vector (BIA).....	157
<b>4.5</b>	<b>Valoración hídrica .....</b>	<b>159</b>
4.5.1	Estadísticos descriptivos .....	160
4.5.1.1	Agua corporal total.....	160
4.5.1.2	Agua corporal intracelular.....	160
4.5.1.3	Agua corporal extracelular .....	161
4.5.2	Comparación inter-grupos.....	161
4.5.2.1	Agua corporal total.....	161
4.5.2.2	Agua corporal intracelular.....	162
4.5.2.3	Agua corporal extracelular .....	162
4.5.3	Comparación intra-grupos.....	163
4.5.3.1	Agua corporal total.....	163
4.5.3.2	Agua corporal intracelular.....	163
4.5.3.3	Agua corporal extracelular .....	163

<b>5</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>164</b>
<b>5.1</b>	<b>Valoración nutricional .....</b>	<b>165</b>
5.1.1	Validez del registro alimentario .....	165
5.1.2	Fiabilidad del registro alimentario .....	167
5.1.2.1	Intrasujeto.....	167
5.1.2.2	Intersujeto.....	167
5.1.3	Balance energético .....	168
5.1.4	Macronutrientes.....	172
5.1.5	Fibra dietética.....	177
5.1.6	Micronutrientes .....	177
<b>5.2</b>	<b>Valoración somática .....</b>	<b>180</b>
5.2.1	Dimensiones corporales .....	180
5.2.2	Pliegues cutáneos .....	183
5.2.3	Diámetros y perímetros corporales.....	183
5.2.4	Composición corporal .....	186
5.2.5	Somatotipo .....	188
5.2.6	Proporcionalidad .....	189
<b>5.3</b>	<b>Valoración hematológica y bioquímica.....</b>	<b>191</b>
5.3.1	Serie roja .....	191
5.3.2	Serie blanca .....	191
5.3.3	Serie plaquetaria.....	192
5.3.4	Eritrosedimentación .....	193
5.3.5	Metabolismo del hierro .....	193
5.3.6	Glucemia .....	195
5.3.7	Función renal.....	196
5.3.8	Función muscular .....	197
5.3.9	Función hepática y vías biliares .....	198
5.3.10	Colesterol y triglicéridos .....	199
<b>5.4</b>	<b>Valoración bioeléctrica .....</b>	<b>199</b>
<b>5.5</b>	<b>Valoración hídrica .....</b>	<b>206</b>
<b>5.6</b>	<b>Recomendaciones nutricionales.....</b>	<b>208</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>211</b>
<b>7</b>	<b>LIMITACIONES Y PROSPECTIVA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>216</b>
<b>8</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>222</b>
<b>9</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>252</b>
9.1	Anexo 1. Registro alimentario 24h/7d.....	253
9.2	Anexo 2. Permiso de consentimiento informado.....	256
9.3	Anexo 3. Aprobación comité de ética .....	259
9.4	Anexo 4. Dieta-tipo para natación sincronizada .....	261
9.5	Anexo 5. Dieta día competición (natación sincronizada) .....	262

## 4. ÍNDICE DE FIGURAS

### MATERIAL Y MÉTODOS

Figura 3.1. Modelo de análisis e interpretación conceptual de los patrones de comportamiento del vector de bioimpedancia para uso clínico (Piccoli et al., 1994)..... 102

Figura 3.2. Esquema gráfico sobre el protocolo de realización para el registro de la medida BIA pre-post sesión de entrenamiento. T°: temperatura; RPE: percepción subjetiva del esfuerzo. .... 111

### RESULTADOS

Figura 4.1 Diferencias entre categorías en las variables que intervienen en el balance energético. .... 132

Figura 4.2. Diferencias entre categorías en relación a los macronutrientes. .... 132

Figura 4.3. Diferencias entre categorías en los micronutrientes (vitaminas). .... 133

Figura 4.4. Diferencias entre categorías en relación a los micronutrientes (minerales). .... 133

Figura 4.5. Diferencias entre categorías en relación al balance energético. .... 134

Figura 4.6. Ingesta de macronutrientes diaria del conjunto de las nadadoras en relación a la ingesta diaria recomendada para población española femenina adolescente (Serra-Majem & Aranceta, 2004; Gonzalez-Gallego et al., 2006; Burke, 2007). .... 135

Figura 4.7. Ingesta de micronutrientes diaria del conjunto de las nadadoras en relación a la ingesta diaria recomendada para población española femenina adolescente (Moreiras et al. 2013)..... 137

Figura 4.8. Somatocartas de las nadadoras (en sombreado gris, el valor promedio). .... 141

Figura 4.9. Diferencias entre categorías en relación a las dimensiones corporales. .... 142

Figura 4.10. Diferencias entre categorías en relación a los pliegues cutáneos. .... 143

Figura 4.11. Diferencias entre categorías en relación a los diámetros corporales (BE: biepicondíleo; BC: bicondíleo)..... 143

Figura 4.12. Diferencias entre categorías en relación a los perímetros corporales (R: relajado; C: contraído)..... 144

Figura 4.13. Diferencias entre categorías en relación a las variables de composición corporal (MG: masa grasa; MLG: masa libre de grasa; MM: masa muscular; MO: masa ósea; MR: masa residual; AMB: área muscular del brazo; AMM: área muscular del muslo). .... 144

Figura 4.14. Diferencias entre categorías en relación a los componentes tridimensionales del somatotipo (Endo: endomorfismo; Meso: Mesomorfismo; Ecto: ectomorfismo). .... 145

Figura 4.15. Diferencias entre categorías en relación al índice de masa corporal (IMC). .... 145

Figura 4.16. Localización de cada vector de bioimpedancia según la totalidad de las nadadoras, las de categoría infantil y júnior, y la población italiana de referencia: Ref. (Piccoli, 1995)..... 152

Figura 4.17. Diferencias entre categorías en relación a los valores directos de resistencia bioeléctrica (R) y ajustados por la talla (h). .... 152

Figura 4.18. Diferencias entre categorías en relación a los valores directos de reactancia bioeléctrica (Xc) y ajustados por la talla (h). .... 153

Figura 4.19. Diferencias entre categorías en relación a los valores directos de impedancia bioeléctrica (Z).....	153
Figura 4.20. Diferencias entre categorías en relación a los valores directos de ángulo fase bioeléctrico (PA).....	154
Figura 4.21. Distribución individual de los valores bioeléctricos que condicionan el comportamiento del vector bioeléctrico (Xc/h / R/h), pre-sesión (Pre-T) y post-sesión (Post-T) de entrenamiento, para cada categoría de nadadoras de natación sincronizada, y comportamiento del cambio Pre-Post T (pre-post sesión). ....	157
Figura 4.22. Correlaciones significativas entre el comportamiento (valores delta - $\Delta\%$ -) de los componentes del vector bioeléctrico (R/h y Xc/h) y el agua extracelular (AEC) tras una sesión de entrenamiento en natación sincronizada, para cada categoría de nadadoras analizada. ....	159
Figura 4.23. Diferencias entre categorías en relación a los valores absolutos (L) y porcentuales (%) del agua corporal total (ACT). ....	161
Figura 4.24. Diferencias entre categorías en relación a los valores absolutos (L) y porcentuales (%) del agua corporal intracelular (AIC). ....	162
Figura 4.25. Diferencias entre categorías en relación a los valores absolutos (L) y porcentuales (%) del agua corporal extracelular (AEC). ....	162

## 5. ÍNDICE DE TABLAS

### INTRODUCCIÓN

Tabla 1.1.Evolución de las rutinas competitivas en natación sincronizada a lo largo de la historia de los JJOO.....	28
Tabla 1.2.Características somáticas en natación sincronizada.....	36
Tabla 1.3. Resumen de los valores relativos de $VO_{2max}$ en natación sincronizada. ....	43
Tabla 1.4. Resumen de los valores de lactato en sangre post-rutina en natación sincronizada. ....	45
Tabla 1.5. Hemograma: serie roja. Rangos de referencia y resumen de las principales alteraciones en población general y deportista, femeninas.....	47
Tabla 1.6. Hemograma: serie blanca. Rangos de referencia y resumen de las principales alteraciones en población general y deportista, femeninas. ....	49
Tabla 1.7. Hemograma: recuento plaquetario. Rangos de referencia y resumen de las principales alteraciones en población general y deportista, femeninas. ....	50
Tabla 1.8. Hemograma: eritrosedimentación. Rangos de referencia y resumen de las principales alteraciones en población general y deportista, femeninas. ....	51
Tabla 1.9. Hemograma: metabolismo del hierro. Rangos de referencia y resumen de las principales alteraciones en población general y deportista. ....	53
Tabla 1.10. Hemograma: glucemia. Rangos de referencia y resumen de las principales alteraciones en población general y deportista, femeninas. ....	55

Tabla 1.11. Hemograma: función renal. Rangos de referencia y resumen de las principales alteraciones en población general y deportista, femeninas. ....	56
Tabla 1.12. Hemograma: función muscular. Rangos de referencia y resumen de las principales alteraciones en población general y deportista, femeninas. ....	57
Tabla 1.13. Hemograma: función hepática y vías biliares. Rangos de referencia y resumen de las principales alteraciones en población general y deportista, femeninas.....	60
Tabla 1.14. Hemograma: colesterol y triglicéridos. Rangos de referencia según la <i>American Heart Association</i> , y resumen de las principales alteraciones en población general y deportista. ....	62
Tabla 1.15. Tabla resumen sobre valores de referencia en macronutrientes. ....	69
Tabla 1.16. Dosis diarias recomendadas de vitaminas, función ergogénica y evidencias científicas en relación a la práctica deportiva - I - (adaptado de Kreider et al., 2010).....	71
Tabla 1.17. Dosis diarias recomendadas de vitaminas, función ergogénica y evidencias científicas en relación a la práctica deportiva - II - (adaptado de Kreider et al., 2010). ....	72
Tabla 1.18. Dosis diarias recomendadas de minerales, función ergogénica y evidencias científicas en relación a la práctica deportiva (adaptado de Kreider et al., 2010).....	74

## MATERIAL Y MÉTODOS

Tabla 3.1. Características generales de las nadadoras objeto de estudio. ....	93
Tabla 3.2. Variables de estudio de la valoración nutricional. ....	114
Tabla 3.3. Variables de estudio de la valoración somática. ....	115
Tabla 3.4. Variables hematológicas de la valoración hematológica y bioquímica. ....	116
Tabla 3.5. Variables bioeléctricas de la valoración bioeléctrica. ....	117
Tabla 3.6. Variables de hidratación de la valoración hídrica. ....	117

## RESULTADOS

Tabla 4.1. Concordancia entre el tipo y porción de alimentos dispuestos en los desayunos, y los informados mediante el registro alimentario. ....	124
Tabla 4.2. Concordancia entre el tipo y porción de alimentos dispuestos a priori en las comidas y las cenas, y los informados mediante el registro alimentario. ....	125
Tabla 4.3. Concordancia intrasujeto entre el primer y segundo registro alimentario del desayuno. ....	126
Tabla 4.4. Concordancia intrasujeto entre el primer y segundo registro alimentario de la comida y cena.....	127
Tabla 4.5. Concordancia intersujeto entre cada una de las tres nadadoras de un mismo grupo, integradas en cada uno de los cuatro grupos establecidos según los diferentes desayunos. ....	128
Tabla 4.6. Concordancia intersujeto entre cada una de las tres nadadoras de un mismo grupo, integradas en cada uno de los cuatro grupos establecidos según las diferentes comidas y cenas. ....	129
Tabla 4.7. Balance energético .....	130

Tabla 4.8. Macronutrientes.....	130
Tabla 4.9. Micronutrientes .....	131
Tabla 4.10. Dimensiones corporales.....	138
Tabla 4.11. Pliegues cutáneos. ....	139
Tabla 4.12. Diámetros corporales.....	139
Tabla 4.13. Perímetros corporales. ....	140
Tabla 4.14. Composición corporal. ....	140
Tabla 4.15. Componentes tridimensionales del somatotipo. ....	140
Tabla 4.16. Índice de masa corporal.....	142
Tabla 4.17. Valores de peso e índice de masa corporal, pre-post sesión de entrenamiento en natación sincronizada, para ambas categorías (infantil y júnior). ....	146
Tabla 4.18. Serie roja. ....	147
Tabla 4.19. Serie blanca. ....	147
Tabla 4.20. Serie plaquetaria. ....	147
Tabla 4.21. Eritrosedimentación.....	148
Tabla 4.22. Metabolismo del hierro.....	148
Tabla 4.23. Glucemia. ....	148
Tabla 4.24. Función renal.....	148
Tabla 4.25. Función muscular. ....	149
Tabla 4.26. Función hepática y de vías biliares.....	149
Tabla 4.27. Colesterol y triglicéridos. ....	149
Tabla 4.28. Resistencia bioeléctrica. ....	150
Tabla 4.29. Reactancia bioeléctrica. ....	150
Tabla 4.30. Módulo de bioimpedancia. ....	150
Tabla 4.31. Ángulo fase.....	151
Tabla 4.32. Valores de resistencia pre-post sesión de entrenamiento en natación sincronizada, para ambas categorías (infantil y júnior). ....	155
Tabla 4.33. Valores de reactancia pre-post sesión de entrenamiento en natación sincronizada, para ambas categorías (infantil y júnior). ....	155
Tabla 4.34. Valores de bioimpedancia pre-post sesión de entrenamiento en natación sincronizada, para ambas categorías (infantil y júnior). ....	155

Tabla 4.35. Valores de ángulo fase pre-post sesión de entrenamiento en natación sincronizada, para ambas categorías (infantil y júnior). .....	156
Tabla 4.36. Correlaciones estadísticas entre los valores delta ( $\Delta\%$ ) de los componentes del vector bioeléctrico (R/h y Xc/h), el peso y los compartimentos de agua corporal. ....	158
Tabla 4.37. Agua corporal total (ACT). .....	160
Tabla 4.38. Agua corporal intracelular (AIC). .....	160
Tabla 4.39. Agua corporal extracelular (AEC). .....	161
Tabla 4.40. Valores de agua corporal total (ACT) pre-post sesión de entrenamiento en natación sincronizada, para ambas categorías (infantil y júnior). ....	163
Tabla 4.41. Valores de agua corporal intracelular (AIC) pre-post sesión de entrenamiento en natación sincronizada, para ambas categorías (infantil y júnior). .....	163
Tabla 4.42. Valores de agua corporal extracelular (AEC) pre-post sesión de entrenamiento en natación sincronizada, para ambas categorías (infantil y júnior). .....	163

## 6. RESUMEN

**Introducción:** La natación sincronizada es un deporte femenino, técnico-combinatorio de componente artístico, que exige de sus practicantes grandes demandas físicas. Las jóvenes nadadoras conforman una población de riesgo, especialmente cuanto más elevados son los objetivos competitivos que deben asumir. Actualmente se desconocen tanto las necesidades nutricionales, como los hábitos alimentarios que siguen las jóvenes nadadoras en sus primeras etapas de formación hacia la élite deportiva.

**Objetivos:** Caracterizar el estado nutricional y de hidratación de un grupo de jóvenes nadadoras de máximo nivel competitivo. Proponer pautas nutricionales para la salud y la mejora del rendimiento deportivo en natación sincronizada.

**Métodos:** El estudio es descriptivo y transversal. Se han analizado 49 nadadoras durante un periodo precompetitivo: 34 de categoría infantil ( $13,9 \pm 0,9$  años) y 15 de categoría júnior ( $16,7 \pm 0,9$  años), según normativa deportiva nacional. El conjunto de variables analizadas ( $n=108$ ) se agrupan en las siguientes valoraciones: nutricional ( $n=33$ ), somática ( $n=31$ ), hematológica y bioquímica ( $n=32$ ), bioeléctrica ( $n=6$ ), hídrica ( $n=6$ ). Todas las variables se han expresado mediante descriptivos básicos (promedio, desviación estándar, valor mínimo y máximo). Se ha utilizado el coeficiente de Kappa y el coeficiente de Spearman para comprobar la validez y fiabilidad inter e intra observador del registro alimentario. Se ha utilizado la prueba t-student ( $T^2$  de Hotelling en el caso del análisis del vector bioeléctrico), de muestras independientes para establecer la comparación entre las dos categorías competitivas en todas las variables, y de muestras relacionadas para valorar posibles diferencias hídricas pre y post sesión de entrenamiento. Se ha utilizado la correlación bivariada para comprobar posibles relaciones entre el comportamiento del vector bioeléctrico, el peso y los diferentes compartimentos hídricos. Se ha considerado un nivel de significación de  $p \leq 0,05$ .

**Resultados:** el registro alimentario de 24 horas realizado 7 días a la semana ha resultado válido (coeficiente Kappa  $r \geq 0,75$ ;  $p < 0,0001$ ; coeficiente Spearman  $r \geq 0,85$ ;  $p < 0,0001$ ) y fiable (coeficiente Kappa  $r \geq 0,73$ ;  $p < 0,0001$ ; coeficiente Spearman  $r \geq 0,80$ ;  $p < 0,0001$ ) inter e intra sujeto. En ambas categorías se ha registrado un gasto energético superior a la ingesta ( $p=0,0001$ ). El 85,7% y el 60,0% de las nadadoras infantiles y júniores respectivamente, han registrado un aporte de hidratos de carbono por debajo del 50%. La ingesta de proteínas es superior a las recomendaciones generales (infantiles:  $2,5 \pm 0,6$  g/kg/día; júniores:  $2,2 \pm 0,4$  g/kg/día), situándose por debajo del 50% en proteínas de origen vegetal, y por encima en las de origen animal. El 89,8% de las nadadoras supera el 30% de la ingesta diaria recomendada para los lípidos. Ninguna llega a los requerimientos de grasas monoinsaturadas y poliinsaturadas, y se superan en las grasas saturadas. 15 nadadoras registran valores de ferritina significativamente bajos, llegando incluso a rangos entre 6 y 8 ng/mL. En ambas categorías se han caracterizado bioeléctricamente e hídricamente procesos de deshidratación moderados inducidos por una sesión tipo de entrenamiento.

**Conclusiones:** la mayoría de las jóvenes nadadoras poseen hábitos alimentarios no adecuados, ni para mantener un estado de vida saludable, ni para la práctica deportiva. Resulta necesario corregir dichos hábitos en base a una correcta educación y seguimiento nutricional. Las valoraciones somática y hematológica, así como el control bioeléctrico y consecuentemente la monitorización del estado de hidratación, deben ayudar a entrenadoras y profesionales de la salud, en el correcto cuidado de éstas jóvenes deportistas, haciendo compatible el necesario equilibrio entre su salud y la capacidad de desarrollar los máximos logros competitivos.

## 7. ABSTRACT

**Introduction:** Synchronized swimming is a female, artistic, technical and combinative sport that requires great physical demands of its practitioners. Young swimmers constitute a risk population, especially when competitive goals to be achieved are greater. Currently, both nutritional requirements and dietetic habits assumed by these young female swimmers in the early stages of the elite sport are unknown.

**Aims:** To characterise the nutritional and hydration status of a group of young elite competitive swimmers. To propose nutritional guidelines for health and improvement of athletic performance in synchronised swimming.

**Methods:** The study is descriptive and transversal. 49 swimmers have been analysed during a precompetitive period: 34 Comen category (13,9±0,9 years) and 15 Júnior category (16,7±0,9 years) swimmers, according to Spanish national sports rules. All the variables analysed (n=108) were classified into the following assessments: nutritional (n=33), somatic (n=31), haematological and biochemical (n=32), bioelectrical (n=6), hydration (n=6). All variables are expressed using basic descriptive statistics (mean, standard deviation, minimum and maximum value). Kappa coefficient and Spearman correlation coefficient have been used to test the inter and intra observer validity and reliability of the dietary recording. T-student test (Hotelling T<sup>2</sup> test in bioimpedance vector analysis) for independent samples has been used in the comparisons between both competitive categories, and also for related samples to assess possible differences pre and post-training session. Bivariate correlation has been used to check possible relationships between the behaviour of the bioelectrical vector, weight and the different water compartments. A p-value ≤0,05 was considered statistically significant.

**Results:** The 24h-7d nutritional recall has resulted valid (Kappa  $r \geq 0,75$ ;  $p < 0,0001$ ; Spearman  $r \geq 0,85$ ;  $p < 0,0001$ ) and reliable (Kappa  $r \geq 0,73$ ;  $p < 0,0001$ ; Spearman  $r \geq 0,80$ ;  $p < 0,0001$ ), inter and intra subject. In both categories there has been an energy expenditure that exceeds the energy intake ( $p=0,0001$ ). 85,7% and 60,0% of comen and junior swimmers respectively have recorded carbohydrate intake below 50%. Protein intake has been higher than the recommendations for the general population adjusted at this age (comen: 2,5±0,6 g/kg/day; junior: 2,2±0,4 g/kg/day). All swimmers have been placed under and above 50% in the vegetable and animal proteins intake, respectively. 89,8% of the swimmers has exceeded the 30% of the dietary reference intakes for lipids. None of them has reached the requirements of monounsaturated and polyunsaturated fats and, oppositely, all of them have overcome intake of saturated fats. 15 swimmers registered significantly lower ferritin values, even at ranges between 6 and 8 ng/mL. Bioelectrical and hydration characterisation conducted for both competitive categories resulted in moderate dehydration processes induced by a typical standardised synchronised swimming training session.

**Conclusions:** Most of the young swimmers have no proper nutritional habits, neither to maintain a state of healthy living nor to practice sport. It is necessary to amend these eating habits on the basis of proper education and nutritional follow-up. Somatic and haematological assessments, as well as bioelectrical testing and consequent monitoring of hydration status should help coaches and health professionals in the proper care of these young female athletes, making compatible the necessary balance between their health and ability to develop the maximum competitive achievements.



# **1 INTRODUCCIÓN**

## **1.1 Estructura deportiva de la natación sincronizada**

La natación sincronizada es una disciplina deportiva en la que las nadadoras ejecutan una rutina de movimientos, figuras, desplazamientos e inmersiones, al ritmo de una determinada música. Estas rutinas pueden ejecutarse de manera individual (rutina de solo), por parejas (rutina de dúo) o en grupos (rutina de equipo: 8 nadadoras; prueba combinada: 10 nadadoras).

Los orígenes de este deporte se remontan a finales del siglo XIX, concretamente al año 1891 en Berlín (Alemania), y corresponde a la primera competición documentada del por entonces denominado “ballet acuático”. Justo un año después, se reconoce en Inglaterra el país donde se inició el gran auge de las prácticas de la “natación ornamental” o “natación artística”, que se expandieron rápidamente hacia otros países europeos como Holanda, Alemania, Bélgica y Francia, así como también a Estados Unidos, Australia y Canadá (Sydnor, 1988).

Aunque fue precisamente en Canadá, en el año 1924, donde se realizó la primera competición de lo que hoy consideramos la actual natación sincronizada, debe señalarse el vital protagonismo de la nadadora de origen australiano, Annette Marie Sarah Kellermann (1886 – 1975), considerada como la gran precursora de la especialidad, especialmente después de retirarse de la larga distancia e iniciar una serie de actuaciones escenográficas acuáticas en Estados Unidos entre los años 1906-1907. Kellermann fue una persona avanzada a su época, reivindicativa en el rol protagonista que la mujer debía poseer en la sociedad de principios del siglo XX. En este sentido, es relevante su detención por la policía de Boston al llevar un bañador de una pieza que se consideró “demasiado corto” y consecuentemente no acorde con los valores de la estricta sociedad norteamericana de la época. Posteriormente, utilizó un bañador

semejante en su actuación en el New York Hippodrome (1907), momento en el cual se erigió como un personaje mediático de gran influencia social y con esto, impulsó de manera determinante la modalidad (Walsh, 1983).

Con todo, debe saberse que en sus orígenes la natación sincronizada fue una modalidad masculina, aunque pasó a ser exclusivamente femenina con relativa celeridad. En el año 1952 la Federación Internacional Amateur de Natación (FINA) la reconoció como modalidad deportiva asentando las bases para su regulación competitiva con la creación del código de puntuación. Entre los años 1952 y 1968, la natación sincronizada conformó deporte de exhibición en los JJOO, incorporándose definitivamente como parte del programa olímpico en los JJOO de Los Angeles, 1984 (FINA, 2013).

La estructura competitiva olímpica ha cambiado a lo largo de los años, inicialmente con las rutinas de solo y dúo hasta el año 1992, para la posterior implantación de las rutinas de equipo y eliminación del solo en el año 1996. A partir del año 2000 la rutina de dúo se incorporó como rutina competitiva junto a la de equipo para conformar el programa oficial de los JJOO. Fue entonces cuando el código de competición implantó las rutinas técnicas, diferenciando así dos tipos de rutina para cada una de las especialidades. En la Tabla 1.1 se muestra la evolución de los diferentes tipos de rutinas competitivas a lo largo de la historia (IOC, 2011).

Tabla 1.1. Evolución de las rutinas competitivas en natación sincronizada a lo largo de la historia de los JJOO.

Rutina	1984	1988	1992	1996	2000	2004	2008	2012
Equipo				*	*	*	*	*
Dúo	*	*	*		*	*	*	*
Solo	*	*	*					
Total	2	2	2	1	2	2	2	2

### **1.1.1 ESTRUCTURA DE COMPETICIÓN**

En la categoría absoluta sénior las rutinas de natación sincronizada se clasifican en rutinas técnicas y libres. Las primeras se caracterizan por tener una serie de elementos técnicos obligatorios, seleccionados cada cuatro años (a posteriori de los JJOO) por el comité técnico de la disciplina. Dichas rutinas tienen las siguientes duraciones: 2'00" para el solo técnico, 2'20" para el dúo técnico, y 2'50" para el equipo técnico. Éstas son puntuadas por dos paneles de jueces, el de ejecución y el de impresión general. La rutina libre, en cambio, al carecer de elementos técnicos obligatorios y poseer una mayor duración, 3'00" para el solo libre, 3'30" para el dúo libre, y 4'00" para el equipo libre, permite incorporar elementos originales y novedosos que tienden a resaltar al máximo la creatividad y las cualidades de las nadadoras con el objetivo de obtener mayor puntuación.

La puntuación de estas rutinas es más compleja que en las anteriores, ya que un primer panel de jueces puntúa el mérito técnico que engloba la ejecución, sincronización (con la música o con las demás integrantes) y la dificultad, y el otro la impresión artística general (coreografía, interpretación musical e interpretación). La prueba combinada (combo), caracterizada por ser la de mayor duración (4'30"), es puntuada como las rutinas libres. Finalmente, cabe considerar que todos los límites de tiempo anunciados poseen márgenes de tolerancia de 15" (FINA, 2013).

En las categorías júnior e infantil las rutinas competitivas se limitan a las rutinas libres, cuyas duraciones son inferiores en función de la categoría. Además, en el programa competitivo de estas categorías se lleva a cabo la sesión de figuras, con el objetivo de que las nadadoras trabajen durante toda la temporada elementos de técnica básica. Ésta competición tiene lugar en la primera sesión y consiste en la ejecución de cuatro figuras, escogidas en función de los grupos de edad del código de puntuación,

mediante un sorteo público realizado entre las 18 y las 72 horas antes del inicio de la competición. Es por ello que las nadadoras deben preparar desde el inicio de la temporada el grupo completo de figuras correspondientes a su categoría.

### **1.1.2 ESTRUCTURA DE ENTRENAMIENTO**

La natación sincronizada es un deporte cuyas características lo hacen especial y único. Combina velocidad, potencia y resistencia, con arte. Las capacidades condicionales son determinantes, pero siempre desde la perspectiva de que únicamente son un medio para llegar a un fin. Y éste no es otro que conseguir transmitir la máxima expresión de sentimientos. El gesto técnico vive dentro de una coreografía artística de medio acuático que, junto con las acrobacias, deben realizarse de manera precisa, sincronizada y en consonancia con la música que les acompaña. Sólo entendiendo a la natación sincronizada como una modalidad “especial”, cabrá plantearse la necesidad de considerar de la misma forma a sus practicantes.

Efectivamente, esta modalidad requiere de sus practicantes aptitudes aeróbicas y anaeróbicas (resistencia), flexibilidad (amplitud de movimiento), fuerza en todas sus manifestaciones (destacando entre éstas, la potencia), y habilidades técnicas (acrobáticas y coreográficas) que, junto a largas horas de entrenamiento, representan el único medio para alcanzar la excelencia deportiva (Mountjoy, 2009).

Las nadadoras empiezan a menudo de forma recreativa y pueden llegar al alto nivel a una edad joven, alrededor de los 13-15 años (Mountjoy, 1999). Esto es similar a otros deportes estéticos tales como la gimnasia artística (Irurtia, 2010), la gimnasia rítmica (Fernández del Pozo, 2001), o el patinaje artístico (Capranica & Millard-Stafford, 2011), que han sido más investigados y pueden proporcionar información

relevante sobre determinados factores para optimizar el rendimiento deportivo de las nadadoras de sincronizada.

Aspirar a la perfección en natación sincronizada requiere de elevados volúmenes de entrenamiento ejecutados a alta intensidad (Rodríguez-Zamora et al., 2014a). Además de repetir una y otra vez los elementos y/o movimientos para lograr la perfección técnica, las nadadoras deben dedicar tiempo del entrenamiento a la coordinación de los mismos con la música (solo) y con las compañeras (en los dúos y rutinas de equipo) por lo que la carga del entrenamiento muchas veces se ve acentuada por la naturaleza de los ejercicios y la necesidad de la sincronización entre ellos. Una nadadora de élite, tanto en la categoría sénior como en la júnior, tiende a entrenar  $11 \pm 2$  sesiones semanales de agua, las cuales son repartidas en forma de doble sesión, con 1 o 2 días de descanso a la semana. Además pueden dedicar 4 sesiones a mejorar la flexibilidad, de 4 a 6 sesiones de entrenamiento cruzado y 2 o 3 sesiones de entrenamiento de resistencia. En general, se trata de un entrenamiento de gran volumen e intensidad, con la excepción de los tiempos dedicados a la coreografía (Mountjoy, 2009).

Cada sesión de entrenamiento suele tener una duración de 3 a 4 h. Es muy frecuente que las deportistas, durante el período preparatorio general, incrementen el volumen de entrenamiento y dediquen una media de 4 - 6 sesiones semanales de 45 - 90 min de duración al trabajo de la resistencia general, con trabajo de carrera y/o natación (Mountjoy, 2009). La carga máxima de entrenamiento suele ubicarse a principios del periodo preparatorio específico, momento en el que las nadadoras mantienen los elevados volúmenes de entrenamiento propios del periodo preparatorio general e incrementan de manera considerable la intensidad, con ejercicios más específicos propios de las rutinas competitivas, ejecutados a mayor velocidad (trabajo de la

resistencia específica) y con ejercicios que luego configuraran parte de la rutina. Durante ese periodo, el trabajo de la danza y la impresión artística cobra protagonismo. Las nadadoras empiezan a memorizar la secuencia de figuras, movimientos y desplazamientos en la piscina mientras lo compaginan con el trabajo en seco del ballet clásico y danza contemporánea; todo ello para ganar expresión (Mountjoy, 1999). En ciertos momentos de la temporada pueden llegar a registrarse volúmenes de entrenamiento que rondan las  $29,9 \pm 8,2$  horas semanales en el caso de la categoría júnior y de  $40,7 \pm 10,1$  horas semanales en el caso de la sénior (Rodríguez-Zamora et al., 2012). En este sentido, se han registrado un total de 1690 horas anuales de entrenamiento en el equipo olímpico de Estados Unidos (Liang et al., 2005), volúmenes superiores, incluso, al de otros deportes de reconocido volumen de carga como las gimnasias (Markou et al., 2004). Las horas adicionales de entrenamiento podrían ser debidas a la necesidad de trabajar para conseguir la máxima sincronización (Mountjoy, 2009). Así, los entrenamientos son diseñados para trabajar de manera equilibrada la fuerza; la resistencia; la flexibilidad; la técnica, tanto en la adquisición de nuevos elementos técnicos como en el aprendizaje y perfeccionamiento de la rutina y la impresión artística (Rodríguez-Zamora et al., 2014a). Los técnicos sin embargo, dedican una pequeña parte del tiempo de la sesión al trabajo compensatorio con el objetivo de prevenir posibles lesiones y optimizar los procesos de recuperación post ejercicio. Las altas cargas de entrenamiento a las que están sometidas las nadadoras, la tendencia del actual código de puntuación, que ve con buenos ojos la dificultad acrobática así como el hecho de empezar a competir a una temprana edad, pueden provocar a medio o largo plazo, toda una serie de lesiones, la mayoría de ellas debidas al sobre uso de las articulaciones (Mountjoy, 2009).

## **1.2 Estructura condicional y fisiológica de la natación sincronizada**

### **1.2.1 CARACTERIZACIÓN TÉCNICA**

La natación sincronizada es un deporte de expresión artística, semejante en muchos aspectos a la danza, la gimnasia artística o la gimnasia rítmica, que desarrolla su prestación en un medio acuático, no propio para el desarrollo competencial del ser humano, y que requiere una pronta especialización deportiva (Bissieres-Cottreau, 1988).

La natación sincronizada está conformada por una serie de movimientos encadenados de manera dinámica, previamente preestablecidos, coordinados y sincronizados bajo un contexto musical, y ejecutados por una o un conjunto de nadadoras (De Maeyer, 1989; Prothery & Lancha, 1993). Éstas, deben demostrar el dominio total del medio a través de movimientos expresivos manifestando su máxima dimensión artística. Tres son las dimensiones que resumen su estructura competitiva (Barraud, 1991): 1) ejecución técnica (manifestada a partir del nivel de ejecución de determinados movimientos técnicos y composición de figuras, tanto por debajo como por encima de la superficie del agua, y con la máxima precisión de sincronización entre las nadadoras y el acompañamiento musical); 2) impresión artística (expresada a través de la creatividad de la coreografía, la interpretación musical, y la forma de presentación de la rutina); 3) dificultad (realizada en base a la complejidad técnica y de sincronización de todos los movimientos técnicos asumidos en las diferentes rutinas competitivas).

El código de puntuación en natación sincronizada orienta y regula las exigencias competitivas tanto a nivel técnico (requisitos de ejecución y dificultad técnica) como artístico (impresión artística). Es el instrumento que utilizan los jueces para valorar finalmente, de manera cuantitativa y probablemente reduccionista, el resultado final en

cuanto a nivel de prestación se refiere (Tatu, 2002). Concretamente, el reglamento propone la siguiente ponderación porcentual a la hora de resolver la puntuación final (de 0 a 10 puntos) de una rutina competitiva: a) libre [ejecución técnica (30%), impresión artística (40%), dificultad (30%)], o bien b) técnica [ejecución técnica (30%), impresión artística (30%), dificultad (40%)]. A partir de la suma de estos tres valores, se deberá finalmente sustraer un cuarto valor a modo de penalización, originado por las posibles faltas que pauta el reglamento de natación sincronizada (RFEN 2013). A este respecto, los cambios y/o evoluciones que a lo largo de la historia se han producido en dicho reglamento competitivo han condicionado los factores que intervienen en el rendimiento deportivo de sus dos modalidades (técnica y libre) y tres especialidades (solo, dúo, equipo). Pese a ello, y entendiendo los componentes técnicos y artísticos como dos de los factores de más prevalencia en la realidad deportiva de la natación sincronizada, escasos son los estudios que se hayan ocupado de investigar sobre el análisis estructural de éstos (Douglass, 1979; Homma, 1994; Homma & Takahshi, 1999; Vanden-Auweele et al. 2004; Homma & Homma, 2005; Ito, 2006; Alentejano et al., 2008), y menos aún aquellos que se puedan tomar como referencias actuales de lo que se entiende como la élite de la natación sincronizada moderna (Homma, 2010; Iglesias et al., 2013).

### **1.2.2 CARACTERIZACIÓN SOMÁTICA**

Escasos son los estudios que caractericen el perfil somático de las nadadoras (Tabla 1.2). Pese a que se han realizado estudios para valorar los factores somáticos que pudieran influir en el rendimiento deportivo (Kirkendall et al., 1982; Evans et al., 1990; Carter & Ackland, 1994; Sajber et al., 2013), todavía no se han logrado establecer plenamente las características antropométricas óptimas de una nadadora en natación sincronizada (Peric et al., 2014). Si bien es cierto que en deportes técnico-combinatorios

semejantes como la gimnasia artística (GAF) o la gimnasia rítmica (GR), la altura (reducida en GAF y elevada en GR) y el peso (reducido en ambos casos) son factores determinantes a la hora de seleccionar a las mejores deportistas (Irurtia et al., 2008; 2009), en el caso de la natación sincronizada esto podría no ser así. La menor importancia de la acrobacia en relación a la GAF, o la necesidad de generar valores óptimos de flotabilidad en el agua, podrían condicionar de forma diferenciada los perfiles somáticos entre las modalidades gimnásticas y la natación sincronizada. Por otra parte, la talla de las nadadoras se sitúa en el promedio de la población no deportista, sin embargo, tanto el peso como el índice de masa corporal resultante, son significativamente más bajos (Bante et al., 2007; Sajber et al., 2013). También desde la perspectiva de la proporcionalidad corporal, las extremidades inferiores y superiores parecen describir un determinado perfil antropométrico, siendo largas y delgadas. Con toda probabilidad, el hecho de necesitar conseguir la máxima expresividad, amplitud de movimiento y altura fuera del agua, así como una óptima velocidad de nado, condicionaría estas características (Peric et al., 2012, 2014). Con todo, parece demandarse la máxima uniformidad somática posible tanto en la modalidad de dúo como en la de equipo, pese a advertirse que, especialmente en el equipo, aquellas nadadoras con protagonismo acrobático dentro de las rutinas competitivas registran pesos y tallas corporales menores, mientras que las que actúan como impulsoras en la configuración de ciertas acrobacias, sus dimensiones son mayores (Lundy, 2011). En este mismo sentido, estudios longitudinales han constatado diámetros óseos significativamente más estrechos de las nadadoras de sincronizada de élite, en comparación con otras deportistas de máximo nivel internacional (Hawes & Sovak, 1990). Los mismos autores sugieren ciertas ventajas derivadas de ello, como una mejor flotabilidad y expresión estética.

Tabla 1.2. Características somáticas en natación sincronizada.

País	N	Categoría	Edad (años)	Talla (cm)	Peso (kg)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	MG (%)	Somatotipo	Referencias
Canadá	10	Júnior	14,4 ± 0,5	161,6 ± 5,1	49,4 ± 8,3	--	14,2 ± 2,3 <sup>a</sup>	--	Poole et al., 1980.
	22	Sénior	17,5 ± 1,8	165,1 ± 6,1	56,4 ± 4,9	--			
	14	Sénior	18,9 ± 1,2	165,2 ± 6,5	58,7 ± 4,3	--	20,5 ± 2,7 <sup>b</sup>	--	Hawes & Sovak, 1990.
	14	Sénior	17,9 ± 0,3	167,9 ± 0,9	58,9 ± 1,0	--	19,5 ± 0,9 <sup>e</sup>	--	Jamnik, 1986.
Internacional	137	Sénior	20,4 ± 2,6	166,0 ± 5,8	56,7 ± 5,3	--	--	3,3 / 3,5 / 3,1	Carter & Ackland, 1994.
Rusia	9	Sénior	--	165,0	55,2	20,9	19,8 <sup>g?</sup>	3,8 / 3,3 / 3,2	Chu, 1999.
Japón	16	Sénior	17,2 ± 1,7	159,7 ± 6,0	50,6 ± 5,3	--	18,4 ± 4,1 <sup>c</sup>	--	Yamamura et al., 1999.
	9	Sénior	19,8 ± 2,8	159,0 ± 3,0	52,5 ± 2,7	20,7 ± 0,7	--	--	Ebine et al., 2000.
	9	Infantil	13,4 ± 1,0	160,2 ± 3,5	45,5 ± 2,2	--	16,3 ± 2,3 <sup>d</sup>	--	Tanaka et al., 2006.
Reino Unido	21	Sénior	17,1 ± 1,9	165,0 ± 7,0	55,7 ± 6,9	20,4 ± 1,5	23,6 ± 3,8 <sup>e</sup>	--	Ramsay & Wolman, 2001.
Estados Unidos	15	Sénior	19,7 ± 1,2	165,5 ± 5,4	57,2 ± 6,5	--	20,9 ± 5,1 <sup>f</sup>	--	Moffat et al., 1980.
	92	Júnior	15,9	--	--	--	22,1 <sup>f</sup>	--	Kirkendall et al., 1982.
	100	Sénior	17,4	--	--	--	20,5 <sup>f</sup>		
	20	Sénior	17,4 ± 3,0	164,1 ± 5,7	56,2 ± 7,3	--	19,7 ± 4,1 <sup>i</sup>	--	Evans et al., 1990.
	13	Sénior	21,0 ± 0,5	168,0 ± 0,7	61,2 ± 0,7	21,6 ± 0,7	--	--	Liang et al., 2005.
Grecia	8	Infantil	13,8 ± 0,1	160,1 ± 1,2	44,8 ± 1,6	17,4 ± 0,4	23,1 ± 0,8 <sup>f</sup>	2,7 / 1,5 / 4,3	Bante et al., 2007.
	8	Sénior	22,6 ± 0,9	167,5 ± 1,1	56,8 ± 1,2	20,2 ± 0,3	21,4 ± 0,8 <sup>g</sup>	2,9 / 1,9 / 3,4	
France	33	Sénior	17,3 ± 2,2	166,0 ± 0,5	54,5 ± 4,9	19,8 ± 1,5	--	--	Ferrand et al., 2007.
Brasil	9	Sénior	16,7 ± 1,4	166,3 ± 4,3	55,2 ± 4,2	--	20,0 ± 2,8 <sup>d</sup>	--	Palha de Oliveira et al., 2007.
	7	Júnior	16,5 ± 1,6	162,0 ± 3,1	55,3 ± 5,2	--	22,4 ± 3,6 <sup>d</sup>	--	
Croacia	22	Sénior	22,1 ± 1,6	167,3 ± 4,1	56,3 ± 3,2	20,1 ± 2,6	13,1 ± 1,6 <sup>h</sup>	--	Zenic et al., 2010.
	25	Sénior	16 - 17	166,5 ± 7,0	58,1 ± 6,3	21,0 ± 1,2	15,1 ± 2,0 <sup>h</sup>	--	Peric et al., 2014.

Resultados expresados en promedio y desviación estándar a excepción de Grecia y Estados Unidos que lo están en promedio y error estándar. Masa Grasa (MG): (a) Ross et al., 1977; (b) Martin et al., 1984; (c) Lohman, 1986; (d) DXA y, posteriormente, Siri, 1956; (e) Durnin & Wormersley, 1974; (f) peso y volumen hidrostático y, posteriormente, Siri, 1956; (g) Durnin & Rahaman, 1967; (h) Bioimpedancia Maltron BF 900; (i) Brozek et al., 1963 y Siri, 1956; (¿?) método no reportado; IMC: índice de masa corporal.

En relación a la estética física, también ha sido analizada posteriormente en nadadoras de élite constatando diferencias significativas entre las nadadoras rusas (mayor diámetro biacromial y menor bicrestal, y mayor longitud de brazos) y el resto de sus rivales deportivas (Chu, 1999). Los escasos estudios sobre las características somatotípicas y de composición corporal en la natación sincronizada se han centrado en el análisis de la masa grasa y su correspondiente masa libre de grasa, como factores de pronóstico del rendimiento deportivo en esta especialidad. Así, la masa muscular ha sido registrada por Hawes & Sovak (1990), con valores de  $37,9 \pm 3,1\%$ , siendo significativamente más elevados ( $p < 0,05$ ) que el grupo de población canadiense de referencia ( $35,6 \pm 3,7\%$ ). También la masa ósea resultó ser más elevada en las nadadoras ( $14,5 \pm 0,8\%$ ) que en la población universitaria no deportista ( $13,9 \pm 1,7\%$ ), aunque de manera no significativa ( $p > 0,05$ ). Estudios más recientes (Bante et al., 2007), muestran valores superiores de la masa muscular, registrando  $25,9 \pm 3,7$  kg en las integrantes del equipo nacional griego, situándose en relación a su peso en valores porcentuales aproximados del  $45,6 \pm 1,0\%$  de masa muscular. En este mismo sentido, también el área muscular de la sección transversal del brazo y la del muslo mostraron valores significativamente superiores comparándolos con un grupo de nadadoras de la misma especialidad pero menor nivel deportivo. Con todo, mientras existen estudios que en pasadas décadas no hallaron una relación clara entre rendimiento y variables somáticas en natación sincronizada (Poole et al., 1980; Hawes & Sovak, 1990; Yamamura et al., 1999). Otros más actuales sí han hallado determinadas características morfológicas que parecen favorecerlo, como las respectivas áreas musculares de la sección transversal de brazos y piernas, que denotan la importancia que en la natación sincronizada actual posee la masa muscular de las nadadoras a la hora de generar movimientos de elevada velocidad con los brazos y

potencia con las piernas para conseguir elevar gran parte de su cuerpo por encima de la superficie del agua (Bante et al., 2007).

De manera relacionada, también se ha observado cómo tanto la masa libre de grasa, como la masa grasa, influenciaban positivamente en la ejecución de determinados elementos técnicos, caracterizados por demandar elevados valores de potencia o de flotabilidad, respectivamente (Zenic et al., 2010). Estos resultados sugieren la necesidad de contemplar la especificidad tanto de la modalidad deportiva como del propio medio acuático donde se desenvuelve. Así, en natación sincronizada la masa grasa no actuaría necesariamente con el mismo rol de “lastre” tal y como sucede en los deportes de medio terrestre (Burke, 1980). Todo lo contrario, puede que el óptimo equilibrio entre la masa libre de grasa (menor índice de flotabilidad pero mayor capacidad de generar elevados valores de fuerza muscular) y la masa grasa (mayor índice de flotabilidad y por lo tanto mayor facilidad en la prestación general de las rutinas), responderían a un patrón antropométrico favorecedor del rendimiento en esta modalidad deportiva (Zenic et al., 2010). Con todo, y de manera paradójica, sorprende observar los reducidos valores de masa grasa hallados en determinados estudios (Poole et al., 1980; Zenic et al., 2010; Peric et al., 2014), circunstancia que en todo caso no responde a la mayoría de fuentes publicadas hasta ahora (Tabla 1.2). Finalmente, en relación a este aspecto, conviene advertir que por desgracia la comparación entre todos los valores de masa grasa publicados hasta el momento es difícil, a causa de los diversos métodos y ecuaciones de regresión utilizadas, y a pesar de existir normas internacionales estandarizadas por la *International Society for the Advancement of Kinanthropometry – ISAK* – (Marfell-Jones et al., 2006).

### **1.2.3 CARACTERIZACIÓN BIOENERGÉTICA**

Numerosos estudios relacionados con la caracterización bioenergética en natación sincronizada se han llevado a cabo a lo largo de los últimos años (Poole et al., 1980; Figura et al., 1993; Yamamura et al., 1999; Bante et al., 2007; Rodríguez-Zamora et al., 2012; 2014a; 2014b). Sin embargo, la dificultad que presenta este deporte (técnico-combinatorio de medio acuático) a la hora de determinar los parámetros fisiológicos, limita la interpretación de los datos obtenidos hasta la fecha (Rodríguez-Zamora et al., 2012; 2014a; 2014b).

La naturaleza de los ejercicios de natación sincronizada, ejecutados en el centro de la piscina, y con ritmos de respiración intermitentes (apneas dinámicas frecuentes que pueden llegar a los 45 s de duración) así como la gran variedad de rutinas competitivas que se ejecutan en las competiciones (solo, dúo y equipo en modalidad técnica y libre), han dificultado la obtención de un perfil fisiológico estándar de las nadadoras (Gabrilo et al., 2011). En un intento por caracterizar dicho perfil, a continuación se detalla el comportamiento de las variables fisiológicas (frecuencia cardíaca, concentración de lactato y consumo de O<sub>2</sub> que pueden dar información sobre la implicación del metabolismo aeróbico y anaeróbico en la práctica de la natación sincronizada.

#### **1.2.3.1 METABOLISMO AERÓBICO**

La natación sincronizada es una disciplina deportiva que se caracteriza por centrar todo el programa competitivo en la ejecución de rutinas que requieren de una gran demanda física. Las nadadoras son capaces de realizar todos los requisitos que engloba una rutina (movimientos explosivos, acrobacias, flotaciones y desplazamientos) con elegancia y

precisión al ritmo de la música sin mostrar aparentemente ningún síntoma de fatiga. A simple vista parece fácil, sin embargo, es necesaria una intensa activación del sistema cardiovascular que garantice el suministro de energía ( $O_2$ ) a los músculos activos (Bjurström & Schone, 1987) para poder realizar los movimientos con la mejor ejecución técnica posible (Mountjoy, 2009).

Desde el punto de vista de la investigación en el ámbito de la fisiología, la natación sincronizada ha suscitado recientemente el interés de la comunidad científica debido a las constantes situaciones de apnea que se producen. Las rutinas tienen un tiempo de actuación que oscila desde los 2'00" a los 4'30" (combo), el 50% de los cuales las nadadoras lo pasan en apnea (Homma, 1994). Es sabido que la apnea, conocida como la suspensión voluntaria de la respiración dentro del agua, induce un aumento de la tensión arterial, una reducción del gasto cardíaco, una vasoconstricción periférica y una redistribución del flujo sanguíneo (Lin et al., 1983).

El incremento en la tensión arterial estimula los baroreceptores provocando la bradicardia, fenómeno que da nombre a la reducción de la frecuencia cardíaca (FC) y que experimentan las nadadoras de esta disciplina (Oldridge et al., 1979). Los mecanismos que rigen el comportamiento de la FC de las nadadoras de sincronizada es el siguiente (Rodríguez-Zamora et al., 2012): cuando la nadadora ejecuta una rutina en situación de apnea dinámica (apnea en movimiento) el patrón de la FC se ve alterado por la bradicardia (respuesta cardiovascular a la apnea) por lo que la FC disminuye. Sin embargo, y de manera paradójica, tanto el ejercicio (con la taquicardia propia de la activación del sistema simpático) como el estrés competitivo, hacen incrementar dicha FC. Es entonces cuando estos tres condicionantes compiten entre ellos para preponderar sobre el comportamiento final de la FC.

Así, para comprender el rango de trabajo cardiovascular en el que se sitúan las nadadoras, conviene valorar el comportamiento entre la FC pico (FC máxima alcanzada durante la práctica deportiva) y la FC mínima (FC mínima manifestada en los momentos de bradicardia). Dicho comportamiento ha sido objeto de múltiples estudios, tanto en situación de reposo (Alentejano et al., 2010), como durante la ejecución de figuras estancas que configuran una rutina (Jamnik, 1986; Gemma & Wells, 1987; Figura et al., 1993; Homma & Takahshi, 1999; Rodríguez-Zamora et al., 2012, 2014b), o incluso durante sesiones de entrenamiento mediante su monitorización continua (Chatard et al., 1999a; Pazikas et al., 2005).

En relación a la FC mínima, y como consecuencia de la apnea, varios autores han registrado valores que rondan entre los 50 - 60 latidos por minuto (Gemma & Wells, 1987; Jamnik, 1986; Figura et al., 1993), siendo relevantes estos resultados si se analiza que las nadadoras experimentan dichos valores mientras están ejecutando movimientos de gran demanda física en un medio acuático que ya de por sí les requiere movilizar grandes grupos musculares para simplemente, flotar. En este sentido, estudios más recientes han registrado valores de FC mínima de  $90,0 \pm 1,4 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$  y  $120,0 \pm 5,7 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$ , en las modalidades de dúo técnico y dúo libre, respectivamente (Pazikas et al., 2005), y de  $88,8 \pm 28,3 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$  como promedio de las seis rutinas competitivas (Rodríguez- Zamora et al., 2012).

En relación a la FC pico, la literatura ofrece registros de FC durante la ejecución de rutinas competitivas y en situación de entrenamiento: periodo preparatorio:  $176,0 \pm 7,0 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$  (Smith, 1988); periodo competitivo:  $178,0 \pm 4,2 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$  (Pazikas et al., 2005); temporada completa:  $180,0 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$  (Jamnik, 1986); situación real de competición:  $192,0 \pm 8,6 \text{ lat}\cdot\text{min}^{-1}$  (Rodríguez- Zamora et al., 2012). Con todo, podemos afirmar que las demandas cardiovasculares en natación sincronizada son muy

elevadas: los valores de FC pico bien podrían corresponderse con las FC máximas individuales de cada deportista, y los rangos de trabajo (FC pico – FC mínima) darían prueba del elevado rol que asume el metabolismo aeróbico en el desarrollo de esta disciplina competitiva.

Finalmente, merece especial atención analizar la paradoja que supone constatar la información que sugiere la FC (natación sincronizada = elevadas demandas aeróbicas), en relación al análisis del  $VO_2$ , donde los diferentes estudios constatan valores de  $VO_{2max}$ , moderados (Tabla 1.3). Las dificultades de monitorización en tiempo y contexto real, ya que todos los estudios citados corresponden a pruebas de laboratorio con tapiz rodante (Oldridge et al., 1979), cicloergómetro (Naranjo et al., 2006), o simplemente en situación de cubrir una determinada distancia a nado (Chatard et al., 1999a), la complejidad cardiovascular que supone el propio medio acuático (inmersiones), acrecentada por las múltiples posiciones invertidas y apneas constantes, podrían ser los principales motivos de dichos resultados (Rodríguez et al., 2012; 2014a). Es por ello que, los últimos estudios publicados en natación sincronizada, aconsejan a la FC como indicador, complejo pero más ajustado, a la hora de valorar el esfuerzo cardiovascular de componente aeróbico en las nadadoras (Rodríguez et al., 2012; 2014a). En este sentido, las integrantes del dúo brasileño durante su preparación a los JJOO de Atenas 2004, fueron monitorizadas a lo largo de una sesión de 198 min. El 18,0% de la totalidad de entrenamiento se realizó a una intensidad entre el 35-54% de la  $FC_{max}$ , el 53,0% al 69% de la  $FC_{max}$ , y el 27% al 70-89% de la  $FC_{max}$  (Pazikas et al., 2005).

Tabla 1.3. Resumen de los valores relativos de  $VO_{2max}$  en natación sincronizada.

Referencias	Muestra (n)	Nivel	$VO_{2max}$ relativo ( $L \cdot min^{-1}$ )	Prueba esfuerzo	Lugar
Poole et al., 1980	10	Nacional	$45,2 \pm 4,4$	Tapiz rodante	Laboratorio
	22	Internacional	$44,0 \pm 4,0$		
Roby et al., 1983	13	Internacional	$43,2 \pm 4,2$	Tapiz rodante	Laboratorio
Takamoto & Mutoh, 1983	23	Internacional	$43,2 \pm 5,5$	Cicloergómetro	Laboratorio
Chatard et al., 1999a	10	Regional	$50,1 \pm 3,6$	400 m	Piscina
	3	Nacional	$52,4 \pm 4,9$		
Yamamura et al., 1999	4	Nacional	$51,6 \pm 1,5$	Contracorriente	Piscina
Bante et al., 2007	8	Regional	$47,1 \pm 1,4$	400 m	Piscina
	8	Nacional	$45,7 \pm 2,4$		

### 1.2.3.2 METABOLISMO ANAERÓBICO

Las rutinas competitivas de natación sincronizada combinan periodos de trabajo intenso, caracterizados por movimientos explosivos (muchas veces en situación de apnea), con trabajo isométrico (posiciones de mantenimiento) y desplazamientos subacuáticos (Chu, 1999; Rodríguez-Zamora et al., 2014b). Las situaciones de apnea dinámica (ejercicio físico e inmersión, es decir, en ausencia de  $O_2$ ) requieren de la actividad del sistema anaeróbico para la producción de energía, lo que comporta un incremento de la concentración de lactato en sangre (Rodríguez et al., 2012). El significado fisiológico de

dicho aumento durante los ejercicios intermitentes y de su recuperación, requiere de una interpretación particular en el caso de la natación sincronizada (Rodríguez-Zamora et al., 2014a): por un lado, el aumento de lactato en sangre se produce como resultado del balance entre la activación de las fuentes glucolíticas en los músculos activos durante los episodios de ejercicio de elevada intensidad y su reducción, debido a los procesos de oxidación de lactato.

Por otro lado, la desaturación de O<sub>2</sub>, y la vasoconstricción como resultado de la respuesta fisiológica ante las situaciones de apnea, podrían limitar la tasa de producción de energía a partir de la fosforilación oxidativa (Lin et al., 1983; Andersson & Schagatay, 1998). La reducción en el flujo sanguíneo periférico durante las fases de apnea, acentuada por la inmersión de la cara en agua fría (Schagatay & Holm, 1996), deberían dar lugar a aumentos significativos en las mediciones de la apnea post-lactato en sangre. Por lo tanto, ambos factores (es decir, las demandas altas de energía y la baja disponibilidad de oxígeno en las fibras musculares) deberían aumentar de forma considerable la concentración de lactato en sangre. Sin embargo, los valores registrados son modestos (Tabla 1.4), hecho que podría explicarse por la elevada tasa de activación del metabolismo oxidativo, anteriormente justificada, que metabolizaría gran parte del ácido láctico producido (Rodríguez-Zamora et al., 2014a).

Con todo, es necesario señalar que el hecho de que las nadadoras estén constantemente expuestas a largos tiempos de apnea (Davies et al., 1995; Naranjo et al., 2006; Alentejano et al., 2008) y a elevados volúmenes de entrenamiento (Chu, 1999; Mountjoy, 1999) provoca una serie de adaptaciones fisiológicas a corto, medio y largo plazo que tienen repercusión sobre el rendimiento y podrían tenerlas sobre la propia salud de las deportistas (Lemaître et al., 2010).

Tabla 1.4. Resumen de los valores de lactato en sangre post-rutina en natación sincronizada.

Referencias	Muestra (n)	Nivel	[La] (mMol·L <sup>-1</sup> )	Situación de registro
Jamnik, 1986.	17	Internacional	Solo (n=5): 10,3±1,3 Dúo (n=6): 6,2 ± 1,2 Equipo (n=8) : - entrenamiento: 7,7 ±1,8 - competición: 12,7 ± 1,3	Entrenamiento (Solo, Dúo, Equipo) Competición (Equipo)
Smith, 1988.	4	Internacional	Diciembre: 7,4 ± 0,8 Enero: 7,0 ± 0,9 Marzo: 7,1 ± 0,9 Junio: 5,8 ± 0,3 Julio: 6,6 ± 2,0 Setiembre: 6,2 ± 1,3	Entrenamiento (Equipo)
Figura et al., 1993.	6	Nacional	3,4 ± 0,5	Entrenamiento (Equipo)
Chatard et al., 1999a.	13	Regional	PPG: 8,0 ± 1,8 PPE: 7,5 ± 1,6	Entrenamiento (Equipo)
Bante et al., 2007.	8	Regional	4,5 ± 1,0	Entrenamiento (Equipo)
	8	Nacional	5,7 ± 1,2	
Rodríguez-Zamora et al., 2012.	34	Elite Nacional	ST: 6,9 ± 1,4 SL: 8,5 ± 2,4 DT: 6,8 ± 1,8 DL: 7,6 ± 1,8 ET: 7,1 ± 2,4 EL: 6,2 ± 1,9	Competición

[La], concentración de lactato en sangre post ejercicio; PPG, período preparatorio general; PPE, período preparatorio específico; ST, solo técnico; SL, solo libre; DT, dúo técnico; DL, dúo libre; ET, equipo técnico; EL, equipo libre.

## 1.2.4 PARÁMETROS HEMATOLÓGICOS Y BIOQUÍMICOS

El control hematológico del deportista es fundamental para poder establecer el nivel de adaptación que una determinada carga genera sobre el organismo de éste (Banfi, 2012).

Dada la escasa información hallada sobre parámetros hematológicos y bioquímicos publicados hasta el momento en natación sincronizada (Weinberg, 1986; Roberts &

Smith, 1990; Rossiter, 2009 citado en Lundy, 2011), y con el objeto de contextualizar la posterior discusión de resultados (apartado 5.3), a continuación se expondrán las principales variables analizadas en el presente estudio y que conforman un hemograma completo, incluyendo: parámetros de la serie roja, serie blanca (fórmula leucocitaria), serie plaquetaria (recuento plaquetario) y de eritrosedimentación. Adicionalmente, también se desarrollaran parámetros bioquímicos vinculados al metabolismo del hierro, glucemia, función renal, función muscular, función hepática y vías biliares, colesterol y triglicéridos. Finalmente, se introducirán las adaptaciones comúnmente registradas tanto en población general como, específicamente, en población deportista, ante posibles alteraciones de los valores normales (Banfi, 2012).

#### 1.2.4.1 SERIE ROJA

El recuento eritrocitario valora parámetros relacionados con el número y tamaño de los glóbulos rojos, la cantidad total de hemoglobina en sangre y su concentración en relación al tamaño de los hematíes, y la fracción de sangre compuesta por éstos. Sirve para diagnosticar y valorar la evolución de posibles anemias y patologías relacionadas con los glóbulos rojos (Failace, 2012).

A continuación se detallan los rangos de referencia de cada parámetro asociado a la serie roja para mujeres (Tabla 1.5), estableciendo un resumen de las principales alteraciones ante valores superiores o inferiores en la población general (Failace, 2012). Se destacan, además, ciertas alteraciones inducidas por la carga de entrenamiento, comúnmente halladas en deportistas (Weight et al., 1991; Smith, 1995; Rodríguez et al., 2007; Millet et al., 2010; Hu and Lin, 2012; Ottomano & Franchini, 2012; Chapman, 2013; Lombardi et al., 2013; Mairbäurl, 2013; McClung et al., 2014; Robach et al., 2014).

Tabla 1.5. Hemograma: serie roja. Rangos de referencia y resumen de las principales alteraciones en población general y deportista, femeninas.

Serie roja	Rango	Valores superiores	Valores inferiores
Eritrocitos	4 – 5 mill/mm <sup>3</sup>	- Cardiopatías congénitas - Enfermedad médula ósea * <u>Deshidratación</u>	* <u>Anemias</u> - Hemorragias (menstruaciones abund.) - Enfermedad renal (<eritropoyetina) - Leucemia - Desnutrición
Hemoglobina	12 – 16 g/dL	* <u>Hipoxia</u> - Consumo de tabaco - EPOC severo * Adaptación ejercicio aeróbico	* <u>Deficiencias en la ingesta de hierro</u> * <u>Deficiencias en la ingesta de B<sub>12</sub> y B<sub>6</sub></u> * <u>Deficiencias en la ingesta de ácido fólico</u>
Hematocrito	39 – 48 %		- Hiperhidratación * <u>Hemólisis por entrenamiento intenso</u>
VCM	80 – 105 %	- Anemias macrocíticas e hipercrómicas * <u>Anemia megaloblástica</u> * <u>Deficiencia de B<sub>12</sub> y ácido fólico</u>	
HCM	22 – 35 %	- Enfermedades hepáticas - Consumo elevado alcohol - Esferocitosis hereditaria(CHCM)	* <u>Anemias microcíticas e hipocrómicas</u> - Talasemia * <u>Deficiencia de hierro</u>
CHCM	30 – 37 %	- Intoxicación por plomo * <u>Procesos inflamatorios</u>	

- Alteraciones en población general; \* Alteraciones comúnmente halladas en deportistas; VCM: volumen corpuscular medio; HCM: hemoglobina corpuscular media; CHCM: concentración de hemoglobina corpuscular media.

Las adaptaciones positivas que generan en la estimulación eritrocitaria (y por ende en la mayor densidad de la masa hemoglobínica) determinados programas de entrenamiento aeróbico (Hu & Lin, 2012; Lombardi et al., 2013; Mairböurl, 2013) y entrenamiento en situación de hipoxia (Rodríguez et al., 2007; Millet et al., 2010; Chapman, 2013), están bien descritas por la literatura. También el efecto hemolítico de destrucción de hematíes causado por el entrenamiento, especialmente en deportes de resistencia (Weight et al., 1991; Smith, 1995; Robach et al., 2014), tanto a nivel capilar (De Paz et al., 1995) como intravascular (Janakiraman et al., 2011). Sin embargo, normalmente el análisis de la serie roja en deportistas se aplica para la detección de posibles cuadros anémicos (Ottomano & Franchini, 2012). En relación a esto, es importante destacar el estado

conocido como “*pseudoanemia del deportista*”, definida como la normal adaptación del organismo a una carga aeróbica sistematizada y mantenida a lo largo del tiempo (Kargotich et al., 1998; Mairbäurl, 2013). Así, a nivel de alto rendimiento y especialmente en deportes de resistencia, es común observar incrementos significativos en la producción de eritrocitos junto a un aumento del plasma sanguíneo (Lombardi et al., 2013). Bajo este contexto, cuando el incremento de plasma es superior al de eritrocitos, la concentración hemoglobínica y el hematocrito, disminuyen. Ello no supone realmente un proceso anémico, sino todo lo contrario: permite incrementar el gasto cardíaco del deportista, mejorar el transporte de oxígeno a los tejidos, y proteger al individuo frente a la hiperviscosidad (Hu and Lin, 2012). Por todo ello, tanto a nivel de la población en general pero especialmente en deportistas, se debe prestar especial atención al volumen corpuscular medio (VCM), que indica el tamaño de los hematíes y suele poseer un valor bajo en el caso de las anemias microcíticas - las ferropénicas son las más frecuentes y deberán compensarse normalmente con una aportación de hierro -, y un valor elevado en el caso de las anemias macrocíticas - las megaloblásticas son las más frecuentes y deberán compensarse, generalmente, con una aportación de vitamina B<sub>12</sub> y/o ácido fólico - (McClung et al., 2014). De manera complementaria y con el objetivo de establecer las medidas terapéuticas que se correspondan en cada caso, también deberán ser valorados la HCM y la CHCM (Failace, 2012).

#### 1.2.4.2 SERIE BLANCA

El recuento leucocitario valora el porcentaje de cada tipo de glóbulo blanco revelando la existencia de células inmaduras o anormales. Sirve para diagnosticar y valorar la evolución de posibles infecciones, anemias y leucemias (Parham, 2009). En la Tabla 1.6 se detallan los rangos de referencia de la serie blanca (fórmula leucocitaria) para

mujeres, estableciendo un resumen de las principales alteraciones ante valores superiores o inferiores en la población general (Parham, 2009). Se destacan, además, ciertas alteraciones inducidas por la carga de entrenamiento, descritas en la literatura (Shek et al., 1995; Robson et al., 1999; Ronsen et al., 2001; Peake, 2002; Mooren et al., 2004; Walsh et al., 2011a, 2011b; Hackney & Koltun, 2012):

Tabla 1.6. Hemograma: serie blanca. Rangos de referencia y resumen de las principales alteraciones en población general y deportista, femeninas.

Serie blanca	Rango	Valores superiores	Valores inferiores
Leucocitos	4000 - 11000 n/mm <sup>3</sup>	- Infecciones - Inflamaciones * <u>Microtraumatismos</u>	- Sistema inmunológico comprometido * <u>Estado de sobreentrenamiento</u>
Neutrófilos segmentados	40 - 75 %	- Infección aguda - Quemadura localizada - Traumatismo	- Déficit de vitamina B <sub>12</sub> - Déficit de ácido fólico - Anemia aplásica
Neutrófilos no segmentados	0 - 5 %	- Estrés agudo * <u>Esfuerzos submáximos agudos, sistematizados</u>	- Proceso gripal - Infección viral - Infección bacteriana general, grave
Linfocitos	20 - 45 %	- Infección bacteriana crónica - Infección viral - Enfermedad inmunológica - Mononucleosis - Hepatitis	- Enfermedad prolongada - Valores esteroideos elevados * <u>Esfuerzos submáximos prolongados</u> - Radioterapia y/o quimioterapia - Infección por VIH
Monocitos	2 - 10 %	- Enf. inflamatoria crónica - Infección viral - Leucemia	- No suelen registrarse valores inferiores
Eosinófilos	0 - 6 %	- Reacciones alérgicas - Infecciones parasitarias - Leucemia - Enfermedades vasculares del colágeno (diversas).	- Estrés agudo * <u>Estado de sobreentrenamiento</u>
Basófilos	0 - 1 %	- Reacciones alérgicas - Enfermedad vascular del colágeno - Varicela	- Infección aguda - Embarazo - Ovulación - Estrés agudo

- Alteraciones en población general; \* Alteraciones específicas a deportistas

### 1.2.4.3 SERIE PLAQUETARIA

El recuento plaquetario resulta esencial para valorar la función hemostática, cuyo fin último es asegurar la integridad vascular. Esto es: 1) prevenir la extravasación sanguínea espontánea; 2) minimizar la hemorragia en los vasos lesionados; 3) mantener un nivel de fluidificación adecuado de la sangre circulante (Yera-Cobo & Naranjo-Orellana, 2011). Las plaquetas intervienen en la coagulación de la sangre y son una fuente natural de factores de crecimiento. En la Tabla 1.7 se detallan los rangos de referencia del recuento plaquetario para la población general (Failace, 2012). Se destacan, además, ciertas alteraciones inducidas por la carga de entrenamiento, comúnmente halladas en deportistas (Drygas, 1988; Ikarugi et al., 2003; El-Sayed et al., 2004, 2005; Lippi & Maffulli, 2009; Yera-Cobo & Naranjo-Orellana, 2011).

Tabla 1.7. Hemograma: recuento plaquetario. Rangos de referencia y resumen de las principales alteraciones en población general y deportista, femeninas.

Recuento plaquetario	Rango	Valores superiores	Valores inferiores
Plaquetas	150.000 – 450.000 n/mm <sup>3</sup>	- Trombocitosis - Infecciones - Cáncer * <u>Entrenamiento de elevada carga (volumen e intensidad)</u>	- Trombocitopenia - Anemia aplásica (disfunción médula ósea) - Tratamientos contra el cáncer - Trastornos autoinmunes

- Alteraciones en población general; \* Alteraciones específicas a deportistas

### 1.2.4.4 ERITROSEDIMENTACIÓN

La eritrosedimentación, o velocidad de sedimentación globular (VSG), indica la velocidad con la que los eritrocitos se aglutinan y sedimentan, lo cual se relaciona con la presencia de ciertas proteínas. Este parámetro hematológico generalmente es complementario a otros indicadores para el diagnóstico y control de determinados

procesos inflamatorios y enfermedades hematológicas (Failace, 2012). La velocidad de sedimentación globular conforma una prueba reactante de fase aguda cuyos valores son registrados durante la primera y segunda hora. Posee un carácter ciertamente inespecífico ya que no aporta relación concreta con una determinada afección o enfermedad. Además, está influenciada de manera significativa por ciertos aspectos como la edad, el número y tamaño de los hematíes, el volumen plasmático, la menstruación, el embarazo, etc. En la Tabla 1.8 se detallan sus rangos de referencia de para la población general femenina, menor de 50 años (Failace, 2012). Se destaca, además, la lesión muscular (y sus procesos inflamatorios consecuentes) como la única alteración específica, normalmente sucedida a lo largo de la carrera de cualquier deportista.

Tabla 1.8. Hemograma: eritrosedimentación. Rangos de referencia y resumen de las principales alteraciones en población general y deportista, femeninas.

VSG	Rango	Valores superiores	Valores inferiores
Eritrosedimentación	1ª h: 1 – 11 mm 2ª h: 2 – 20 mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anemias</li> <li>- Cáncer (linfoma y mieloma)</li> <li>- Embarazo</li> <li>- Infecciones</li> <li>- Procesos inflamatorios</li> <li>- Trastornos autoinmunes</li> <li>* <u>Lesiones musculares</u></li> <li>- Enfermedades reumáticas</li> <li>- Lupus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Insuficiencia cardíaca</li> <li>- Hiperviscosidad</li> <li>- Hipofibrinogenemia</li> <li>- Leucemia</li> <li>- Baja proteína en plasma</li> <li>- Policitemia</li> <li>- Anemia drepanocítica</li> </ul>

- Alteraciones en población general; \* Alteraciones comúnmente halladas en deportistas; VSG: velocidad de sedimentación globular.

#### 1.2.4.5 METABOLISMO DEL HIERRO

El hierro es un mineral fundamental en el proceso vital del ser humano. De su correcto metabolismo depende el balance eritrocitario así como la optimización de los procesos de eritropoyesis y eritrofagocitosis (Failace, 2012). La mayor parte del hierro en el

cuerpo está presente dentro de los eritrocitos mediante la hemoglobina, una molécula compuesta por cuatro cadenas polipeptídicas (globinas) a cada una de las cuales se une un grupo hemo, y cuyo átomo de hierro es capaz de unir de forma reversible una molécula de oxígeno (Kühn, 1996). La estructura de la hemoglobina permite que ésta sea totalmente cargada con oxígeno en los pulmones y parcialmente descargada en los tejidos, como por ejemplo en el muscular (Brock et al., 1994). La proteína de almacenamiento de oxígeno que contiene hierro en los músculos, la mioglobina, es similar en estructura a la hemoglobina, pero tan sólo posee una unidad del grupo hemo y una cadena de globina. Varias enzimas que contienen hierro, los citocromos, también poseen únicamente un grupo hemo y una cadena de proteína globina. Estas enzimas actúan exclusivamente como portadoras de electrones dentro de la célula, no pudiendo asumir las funciones de carga y descarga de oxígeno. Su papel en el metabolismo oxidativo es transferir energía dentro de la célula, concretamente en las mitocondrias (Bothwell, 1979). Otras funciones clave para las enzimas que contienen hierro incluyen (Hallberg, 1982): la síntesis de hormonas esteroideas y ácidos biliares, la desintoxicación de sustancias extrañas en el hígado, y la señal de control en algunos neurotransmisores, tales como los sistemas de dopamina y serotonina en el cerebro. Finalmente, el hierro se almacena en el hígado mediante la ferritina y la hemosiderina, y es transportado a los diferentes compartimentos corporales por la proteína transferrina (Dallman, 1986). En la Tabla 1.9 se detallan los rangos de referencia de cada parámetro asociado al metabolismo del hierro, estableciendo un resumen de las principales alteraciones ante valores superiores o inferiores en la población general (Failace, 2012). Se destacan, además, ciertas alteraciones inducidas por la carga de entrenamiento, comúnmente halladas en deportistas (Palacios et al., 2009; Dellavalle, 2013; Latunde-Dada, 2013; Desbrow et al., 2014; Pasricha et al., 2014; Robach et al., 2014; Sandström, 2014):

Tabla 1.9. Hemograma: metabolismo del hierro. Rangos de referencia y resumen de las principales alteraciones en población general y deportista.

Hierro	Rango	Valores superiores	Valores inferiores
Ferritina	15 – 120 ng/mL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procesos infecciosos</li> <li>- Procesos inflamatorios</li> <li>- Enfermedad hepática</li> <li>- Hemocromatosis</li> <li>- Talasemias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* <u>Entrenamiento intenso, prolongado</u></li> <li>- Anemia ferropénica</li> <li>* <u>Hemólisis intravascular</u></li> <li>- Menstruación profusa</li> <li>- Afecciones intestinales</li> </ul>
Transferrina	200 – 360 mg/dL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anemia ferropénica</li> <li>- Embarazo</li> <li>- Anticonceptivos orales</li> <li>- Policitemias</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procesos infecciosos</li> <li>- Procesos inflamatorios</li> <li>- Anemia hemolítica o perniciosa</li> <li>- Drepanocitosis</li> <li>- Desnutrición (déficit proteico)</li> <li>- Cirrosis hepática</li> </ul>
Sideremia	40 – 145 µg/dL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sobrecarga férrica</li> <li>- Anemias sideroblásticas</li> <li>- Talasemias</li> <li>- Anemias hemolíticas</li> <li>- Enfermedades hepáticas</li> <li>- Alcoholismo crónico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anemia ferropénica</li> </ul>

- Alteraciones en población general; \* Alteraciones comúnmente halladas en deportistas.

En natación sincronizada, se han descrito déficits de ferritina sérica a lo largo de dos temporadas en integrantes del equipo nacional canadiense, tanto en la primera temporada ( $48,0 \pm 10,0$  ng/mL) como especialmente en la segunda ( $24,0 \pm 6,0$  ng/mL), asociadas a una reducción paulatina de la hemoglobina (Roberts & Smith, 1990). Valores semejantes de ferritina sérica fueron registrados en 12 nadadoras británicas de élite ( $43,7 \pm 33,1$  ng/mL), con 4 de ellas situadas en valores críticos ( $< 25$  ng/mL) de la franja límite de riesgo extremo (estudio no publicado, Rossiter, 2009; citado en Lundy, 2011). De manera relacionada, conviene advertir que, pese a que es bien sabido que la depleción de las reservas de hierro (incluso sin anemia o con valores hemoglobínicos normales) reduce significativamente el  $VO_{2max}$  (Zhu & Hass, 1997), la función inmune

(Gleeson et al., 2004), y con ello el rendimiento físico de los deportistas, la información relacionada en natación sincronizada es inexistente.

#### 1.2.4.6 GLUCEMIA

La glucemia corresponde al valor de concentración de glucosa libre en sangre, suero o plasma sanguíneo, haciendo referencia al metabolismo de los hidratos de carbono (Failace, 2012). Gran variedad de hormonas, responsables del metabolismo energético, se relacionan con el metabolismo de la glucosa (Thorens, 2010): la insulina y el glucagón, ambos secretados por el páncreas; la adrenalina, de origen suprarrenal; los glucocorticoides y las hormonas esteroideas, secretadas por las gónadas y las glándulas suprarrenales. La glucosa es un hidrato de carbono simple (monosacárido) que constituye la principal fuente de energía de las células. Normalmente la mayor parte de glucosa circulante proviene de la dieta, aunque en ayuno sus concentraciones se mantienen gracias a los procesos de gluconeogénesis y glucogenolisis. En la dieta existe muy poca glucosa en forma de glucosa, ya que la mayoría de azúcares son complejos que posteriormente serán descompuestos por el proceso digestivo a monosacáridos. En el caso de la glucosa, es monosacárido por la imposibilidad de descomponerse mediante hidrólisis. En la Tabla 1.10 se detallan los rangos de referencia de cada parámetro asociado a la glucemia, estableciendo un resumen de las principales alteraciones ante valores superiores o inferiores en la población general (Failace, 2012). Se destacan, además, ciertas alteraciones inducidas por la carga de entrenamiento, comúnmente halladas en deportistas (Siu & Wong, 2004; Erlenbusch et al., 2005; Mondazzi & Arcelli, 2009; Jeukendrup, 2010, 2013a, 2013b; Banfi et al., 2012):

Tabla 1.10. Hemograma: glucemia. Rangos de referencia y resumen de las principales alteraciones en población general y deportista, femeninas.

Glucemia	Rango	Valores superiores	Valores inferiores
Glucosa	70 – 110 mg/dL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diabetes mellitus</li> <li>- Enfermedades renales</li> <li>- Hipertiroidismo</li> <li>- Pancreatitis aguda</li> <li>- Estrés</li> <li>- Embarazo</li> <li>- Medicamentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dietas con excesiva glucosa</li> <li>- Enfermedades hepáticas</li> <li>- Exceso de insulina en diabéticos</li> <li>- Hipotiroidismo</li> <li>- Insulinoma</li> <li>* <u>Ayuno + ejercicio extenuante</u></li> <li>* <u>Dieta restrictiva + ejercicio extenuante</u></li> </ul>

- Alteraciones en población general; \* Alteraciones comúnmente halladas en deportistas.

#### 1.2.4.7 FUNCIÓN RENAL

Los riñones asumen un rol crítico en el mantenimiento de la hidratación y el balance electrolítico, en la eliminación de desechos, y en la regulación del balance ácido-base. La función renal, junto a las funciones endocrina y neural, es capaz de ajustar el volumen y la composición de la orina en función de un estado de déficit de fluidos – orina escasa pero muy concentrada – o de exceso – orina abundante pero muy diluida – (Seldin & Giebisch, 2000). En la Tabla 1.11 se detallan los rangos de referencia de cada parámetro asociado a la función renal, estableciendo un resumen de las principales alteraciones ante valores superiores o inferiores en la población general (Failace, 2012). Se destacan, además, ciertas alteraciones inducidas por la carga de entrenamiento, comúnmente halladas en deportistas (Lehmann et al., 1991; Neumayr et al., 2005; Luciani et al., 2010; Teo et al., 2011; Tipton, 2011; Hoffman, 2014). En relación al ejercicio físico, éste produce cambios significativos de la hemodinámica renal determinando modificaciones en la excreción electrolítica y de proteínas en la orina. El flujo sanguíneo renal efectivo parece reducirse a medida que aumenta la intensidad del ejercicio físico como resultado de la desviación de la sangre de los lechos vasculares del área renal y esplénica, hacia los músculos activos (Luciani et al., 2010). Cuando un

ejercicio extenuante genera una pérdida significativa de fluidos, se produce un aumento de la reabsorción de agua y sales minerales, principalmente debido al elevado nivel de la hormona antidiurética. El objetivo final es que el 100% de agua y electrolitos reabsorbidos por el filtrado renal, vuelvan a los vasos sanguíneos (Neumayr et al., 2005). Si bien dicha conservación de agua y electrolitos es beneficiosa para el/la deportista ( $\approx 30 - 45$  mL/h), resulta no significativa en relación a las pérdidas generadas por el sudor ( $\approx 1 - 2$  L/h), con lo que la importancia real de la función renal en el deporte se presenta a las 24 - 48 horas posteriores al ejercicio, principalmente en términos homeostáticos de recuperación del estado de deshidratación y restauración de fluidos corporales (Hoffman, 2014).

Tabla 1.11. Hemograma: función renal. Rangos de referencia y resumen de las principales alteraciones en población general y deportista, femeninas.

Función renal	Rango	Valores superiores	Valores inferiores
Urea	15 - 48 mg/dL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dieta elevada en proteínas</li> <li>- Enfermedades renales</li> <li>- Hemorragias gastrointestinales</li> <li>- Hipovolemia (deshidratación...)</li> <li>* <u>Sobrecarga de entrenamiento (metabolización de proteínas)</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dieta pobre en proteínas</li> <li>- Fallo hepático</li> <li>- Embarazo</li> <li>- Hiperhidratación</li> <li>- Malnutrición</li> </ul>
Ácido úrico	2,5 - 6,0 mg/dL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dieta elevada en purinas</li> <li>- Acidosis metabólica</li> <li>- Alcoholismo</li> <li>* <u>Sobrecarga de entrenamiento (metabolización de proteínas)</u></li> <li>- Fallo renal</li> <li>- Gota</li> <li>- Lesiones tisulares graves</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dieta pobre en purinas</li> <li>- Síndrome de Fanconi</li> <li>- Enfermedad de Wilson</li> <li>- Medicamentos (aspirina, corticoides...)</li> </ul>
Creatinina	0,5 - 1,0 mg/dL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acromegalia</li> <li>- Eclampsia</li> <li>- Hipovolemia (deshidratación...)</li> <li>* <u>Sobrecarga de entrenamiento (metabolización de proteínas)</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Distrofia muscular avanzada</li> <li>- Miastenia gravis</li> </ul>

- Alteraciones en población general; \* Alteraciones comúnmente halladas en deportistas.

### 1.2.4.8 FUNCIÓN MUSCULAR

El conjunto miotendinoso conforma parte del aparato locomotor y es la estructura ejecutora del movimiento en el ser humano. Los músculos poseen capacidad contráctil y están formados principalmente por  $\frac{3}{4}$  partes de agua, proteínas, glucógeno, lípidos y determinados compuestos inorgánicos. El cuerpo humano está formado aproximadamente por un 90% de músculo esquelético y un 10% de músculo cardíaco y visceral. Los músculos poseen una gran capacidad de adaptación, pudiendo modificar su estado y forma de manera significativa en función de las demandas requeridas. Debido a su alto consumo energético, necesitan de una buena irrigación sanguínea y el consecuente aporte alimentario (Imai et al., 1999). En la Tabla 1.2 se detallan los rangos de referencia de cada parámetro asociado a la función muscular, estableciendo un resumen de las principales alteraciones ante valores superiores o inferiores en la población general (Failace, 2012). Se destacan, además, ciertas alteraciones inducidas por el entrenamiento, halladas en deportistas (Banfi et al., 2012; Kanda et al., 2014):

Tabla 1.12. Hemograma: función muscular. Rangos de referencia y resumen de las principales alteraciones en población general y deportista, femeninas.

Función muscular	Rango	Valores superiores	Valores inferiores
CPK	24 - 170 UI/L	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Distrofia muscular</li> <li>- Miositis</li> <li>- Rabdomiolisis</li> <li>- Hipotiroidismo</li> <li>* <u>Daño muscular</u></li> <li>* <u>Ejercicio intenso</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución de la masa muscular</li> <li>- Alcoholismo</li> <li>- Pacientes con terapia de esteroides</li> <li>- Enfermedades del tejido conectivo</li> <li>- Embarazo</li> </ul>
LDH	230 – 460 UI/L	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anemias</li> <li>- Enfermedades autoinmunes</li> <li>- Hepatitis, cirrosis</li> <li>- Mononucleosis infecciosa</li> <li>- Infartos orgánicos</li> <li>- Pancreatitis</li> <li>* <u>Daño muscular</u></li> <li>* <u>Ejercicio intenso</u></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sin afecciones relacionadas.</li> <li>- Ingestas elevadas de vitamina C</li> </ul>

- Alteraciones en población general; \* Alteraciones comúnmente halladas en deportistas; CPK: creatina-fosfoquinasa; LDH: lactato-deshidrogenasa.

#### 1.2.4.9 FUNCIÓN HEPÁTICA Y VÍAS BILIARES

El hígado es un órgano glandular que interviene en la función digestiva, segrega la bilis, almacena sustancias nutrientes, elimina sustancias tóxicas, y sintetiza enzimas, proteínas y glucosa. Las vías biliares están conformadas por un conjunto de conductos intra y extrahepáticos por los que discurre la bilis producida en el hígado hasta desembocar en la segunda porción del duodeno (Lautt, 2010; Berk & Korenblat, 2011). En la Tabla 1.13 se detallan los rangos de referencia de cada parámetro asociado a la función hepática y de las vías biliares, estableciendo un resumen de las principales alteraciones ante valores superiores o inferiores en la población general (Failace, 2012). Se destacan, además, ciertas alteraciones inducidas por la carga de entrenamiento, comúnmente halladas en deportistas (Siest & Galteau, 1974; Bruguera, 2004; Watelet & Bigard, 2005; Banfi et al., 2012; Chamera et al., 2014). En relación a las posibles adaptaciones inducidas por un proceso de entrenamiento y/o competición, conviene señalar que el hígado almacena glucógeno, fuente principal de energía para el desempeño de las funciones humanas y, en especial, del rendimiento deportivo (Banfi et al., 2012). Como concepto general, se ha constatado que el ejercicio físico en personas sanas no produce ningún efecto perjudicial sobre el hígado (Lioudaki et al., 2011). Así, el aumento anormal de las transaminasas séricas y/o las CPK no reflejan, en principio, ningún daño hepático, sino que son consecuencia de un proceso de adaptación y/o respuesta muscular al ejercicio físico (Watelet & Bigard, 2005). No obstante, sí que debe tenerse en cuenta que se han documentado determinadas enfermedades o afecciones hepáticas que, poseyendo prevalencia también en la población general, podrían relacionarse directa o indirectamente con la práctica deportiva (Bruguera, 2004): a) síndrome de golpe de calor (por la realización de un ejercicio físico extenuante bajo condiciones atmosféricas de mucho calor y deshidratación, derivando en lesiones hepáticas

histológicas de hepatitis isquémica); b) hepatitis virales (generada por una mayor exposición de los deportistas a factores de riesgo, la mayoría extradeportivos, pero asociados a hepatitis virales como los continuos viajes a países extranjeros, mayor tasa de heridas abiertas, etc.); c) hepatopatías tóxicas (relacionadas con aquellos casos de utilización de anabolizantes); d) hematomas y roturas hepáticas (generados por la práctica deportiva al estar más expuestos los deportistas a posibles caídas y traumatismos derivados). Atendiendo específicamente a los principales marcadores hematológicos de la función hepática y de las vías biliares, se ha documentado en estudios con deportistas que niveles elevados de bilirrubina total e indirecta suelen indicar procesos anémicos, generalmente de tipo hemolítico (Banfi et al., 2012; Chamera et al., 2014). Por otra parte, se ha demostrado el importante rol antioxidante que posee la bilirrubina, incluso superando al glutatión A, considerado hasta hace poco el mayor agente protector contra el daño oxidativo (Sedlaka et al., 2009). Con todo, dicha función antioxidante, en relación con la práctica deportiva, todavía se encuentra inexplorada (Chamera et al., 2014). También en deportistas, frecuentemente los valores de transaminasas glutámico oxalacéticas (GOT) superan a los de las transaminasas glutámico pirúvicas (GPT). Este hecho responde a la normal adaptación del organismo ante esfuerzos físicos de elevada intensidad que, por regla general, son compensados en torno a las 24-48 horas. Éste es el principal motivo por el cual es aconsejable que, ante valores intrasujeto anormales, vuelvan a analizarse estas enzimas a las 4 - 6 semanas, todo con el objeto de controlar la variabilidad biológica (Siest & Galteau, 1974). También conviene señalar que el entrenamiento regular, especialmente aquél realizado con autocargas, genera una adaptación enzimática crónica con valores de referencia superiores a los de la población normal (Lott & Landesman, 1984). Finalmente, cuando los valores de GPT superan a los de GOT, puede darse la circunstancia de un mal

funcionamiento hepático, origen en múltiples ocasiones de un inicio de hepatitis. En cuanto a las fosfatasa alcalinas, principalmente se han descrito valores elevados en deportistas, por (Banfi et al., 2012): 1) en mujeres, la administración de anticonceptivos; 2) una mala absorción y consecuente déficit de vitamina D; 3) fracturas óseas en vía curativa. Con todo, conviene tener en cuenta que la elevación conjunta de transaminasas y fosfatasa alcalinas, con un aumento significativo en el caso de las segundas (Sharma et al., 2014), indicaría una posible lesión de la vía biliar por cálculos, u otros problemas derivados como por ejemplo de afectación cardiovascular (Lioudaki et al., 2011).

Tabla 1.13. Hemograma: función hepática y vías biliares. Rangos de referencia y resumen de las principales alteraciones en población general y deportista, femeninas

Función hepática Vías biliares	Rango	Valores superiores	Valores inferiores
Bilirrubina	0,2 - 1,2 mg/dL	- Cirrosis - Hepatitis - Enfermedades hepáticas - Enfermedad de Gilbert - Ayuno prolongado * <u>Anemias hemolíticas</u>	- Amiloidosis - Embarazo (primeros meses) - Patologías cardiovasculares - Trastorno afectivo estacional - Cansancio, fatiga... * <u>Anemia ferropénica y aplásica</u>
GOT	9 - 31 UI/L	- Hepatopatías - Destrucción tisular - Golpe de calor (hipertermia)	- Desnutrición
GPT	7 - 35 UI/L	- Deshidratación - Insuficiencia renal * <u>Lesión hepática por sobreesfuerzo</u>	- Anticonceptivos orales
Fosfatasa alcalinas	80 - 279 UI/L	- Proceso de crecimiento óseo - Enfermedades renales - Patologías cardiovasculares - Disfunción hepática	- Patología pancreática crónica - Patología hepática grave - Insuficiencia cardíaca

- Alteraciones en población general; \* Alteraciones comúnmente halladas en deportistas; GOT: transaminasas glutámico oxalacéticas; GPT: transaminasas glutámico pirúvicas.

#### 1.2.4.10 COLESTEROL Y TRIGLICÉRIDOS

El colesterol es un lípido localizado en el plasma y en los tejidos corporales. El hígado, la médula espinal, el páncreas y el cerebro son los órganos donde existe una mayor concentración de dicho esteroide (Cofan-Pujol, 2014). Pese a sus efectos adversos para la salud en elevadas concentraciones, el colesterol posee una serie de funciones esenciales

para la vida humana (Stone et al., 2014): a) función estructural, regulando la composición de las membranas citoplasmáticas; b) precursor de la vitamina D, esencial para el metabolismo del calcio; c) precursor de las hormonas sexuales (progesterona, estrógenos y testosterona) y corticoesteroidales (cortisol y aldosterona); d) precursor de las sales biliares, esenciales tanto para la absorción como excreción de nutrientes lipídicos y colesterol; e) precursor de las balsas de lípidos, esenciales en la respuesta a la invasión de patógenos, la angiogénesis, la transducción de señales celulares, y la propia homeostasis del colesterol. Los triglicéridos son un tipo de lípidos que forman parte de las grasas, tanto de tipo animal (predominantemente) como de tipo vegetal (por ejemplo, el aceite). Constituyen la principal reserva energética del organismo humano y su posible exceso se almacena en forma de tejido adiposo. Además de ser buenos aislantes térmicos, en su degradación producen calor metabólico. Ofrecen protección mecánica a las estructuras orgánicas, como por ejemplo las plantas del pie y de la mano, o el propio riñón (Alkhouli et al., 2013). Elevadas acumulaciones de colesterol y triglicéridos se asocian a una serie de anormalidades endocrino-metabólicas y/o cardiovasculares de gran influencia en la mortalidad global de la sociedad actual (Stone et al., 2014). En la Tabla 1.14 se detallan los rangos de referencia de cada parámetro asociado al colesterol (LDL, HDL, total) y los triglicéridos, estableciendo un resumen de las principales alteraciones ante valores superiores o inferiores en la población general (Failace, 2012). Se destacan, además, ciertas alteraciones inducidas por la carga de entrenamiento, comúnmente halladas en deportistas (Haskell, 1984; Durstine et al., 2001, 2002; Eisenmann, 2002; Reamy & Thompson, 2004; Banfi et al., 2012; Conti & Macchi, 2013; Noe et al., 2014). Así, la práctica regular de ejercicio físico modifica la regulación metabólica de lípidos y lipoproteínas, reduciendo su volumen en sangre (Noe et al., 2014). No obstante, para apreciar cambios significativos en dicho comportamiento

lipídico, el volumen y la intensidad del entrenamiento deben llegar a ciertos umbrales (Banfi et al., 2012). La literatura señala la realización de entre 24 y 32 km/semana a ritmo moderado, o bien la realización de un gasto calórico relacionado de entre 1200 y 2200 kcal/semana, para conseguir incrementos de 2 a 3 mg/dL en HDL y decrementos en triglicéridos de entre 8 a 20 mg/dL (Durstine et al., 2001). Además, se ha evidenciado que, a más volumen de entrenamiento, dichos efectos tienden a mejorar, incrementado y reduciendo los valores de HDL y triglicéridos, respectivamente (Durstine et al., 2002). Las modificaciones en el colesterol total, o bien en los valores de LDL, pudiéndose manifestar mediante la práctica de ejercicio físico a los regímenes mencionados, son más difíciles de conseguir (Haskell, 1984; Conti & Macchi, 2013). En todo caso, dichas modificaciones, excepto en el caso de los triglicéridos, parecen reproducirse de manera similar entre ambos sexos (Eisenmann, 2002).

Tabla 1.14. Hemograma: colesterol y triglicéridos. Rangos de referencia según la *American Heart Association*, y resumen de las principales alteraciones en población general y deportista.

Colesterol y triglicéridos	Rango		Valores superiores	Valores inferiores
Triglicéridos (mg/dL)	< 150	normal	- Trastornos genéticos	
	150 – 199	normal / elevado	* <u>Dislipemias</u>	
	200 – 499	riesgo elevado	- Dieta inadecuada	
	≥ 500	riesgo muy elevado	(exceso grasas saturadas)	
Colesterol total (mg/dL)	< 200	riesgo bajo	- Sobrepeso – Obesidad	- Ejercicio físico regular
	200 – 239	riesgo elevado	- Falta de ejercicio regular	- Dieta equilibrada
	≥ 240	riesgo muy elevado	- Diabetes	Esteroles vegetales
			- Enfermedad renal	- Medicamentos
LDL (mg/dL)	< 100	riesgo bajo	- Embarazo	Estatinas
	100 – 129	normal	- Hipotiroidismo	
	130 – 159	normal / elevado	- Medicamentos	
	160 – 189	riesgo elevado	Anticonceptivos	
	≥ 190	riesgo muy elevado	Diuréticos	
HDL (mujer) (mg/dL)	< 50	riesgo elevado	Antidepresivos	- Tabaquismo
	50 – 59	normal	Betabloqueantes	- Sedentarismo
	≥ 60	riesgo bajo		- Dieta inadecuada
				(exceso grasas saturadas)

- Alteraciones en población general; \* Alteraciones comúnmente halladas en ciertos grupos de deportistas; LDL: lipoproteínas de baja densidad; HDL: lipoproteínas de alta densidad.

## **1.3 Nutrición en natación sincronizada**

Los hábitos nutricionales de las nadadoras de natación sincronizada son desconocidos, tanto en el caso de las deportistas de máxima categoría internacional, como en el de aquellas jóvenes deportistas en sus primeras etapas de formación hacia el alto rendimiento deportivo (Lundy, 2011; Robertson et al., 2014).

A continuación se desarrollarán las principales recomendaciones nutricionales, específicas a esta modalidad y en relación a: 1) balance energético, 2) macronutrientes, 3) micronutrientes, y que la literatura científica ha generado en los últimos años. Posteriormente, se desarrollaran las escasas aportaciones en cuanto a hidratación en natación sincronizada se refiere para, finalmente, abordar los dos últimos subapartados que se relacionan entre sí, y permiten abordar la justificación posterior de la presente tesis doctoral. Estos, son: 1) trastornos de la conducta alimentaria, 2) educación nutricional.

### **1.3.1 RECOMENDACIONES NUTRICIONALES**

#### **1.3.1.1 BALANCE ENERGÉTICO**

Únicamente se ha hallado un estudio que analice el gasto energético en natación sincronizada (Ebine et al., 2000). Los autores, a través del método de agua doblemente marcada, analizaron una sesión de entrenamiento de intensidad moderada a 9 nadadoras del equipo nacional japonés, sénior (n=4) y júnior (n=5). El gasto energético se situó en  $2738 \pm 672$  kcal/día ( $52,2$  kcal·kg<sup>-1</sup>·día<sup>-1</sup>), y la ingesta (estimada a través de un registro de 24h-7d) en  $2128 \pm 395$  kcal/día ( $40,5$  kcal·kg<sup>-1</sup>·día<sup>-1</sup>), con un nivel de actividad física determinado en  $2,18 \pm 0,43$ . Se produjo así una descompensación significativa del balance energético, suponiendo la ingesta tan solo el 77,7% de la energía total

consumida. Además, las nadadoras disminuyeron significativamente su peso corporal ( $\approx 2,0\%$ ) y la glucosa en sangre ( $\approx 30,0\%$ ), y aumentaron de la misma manera en cortisol plasmático ( $\approx 29,0\%$ ) y cuerpos cetónicos (ácido betahidroxibutírico  $\approx 22,0\%$ ), todo ello a pesar de haber desayunado antes del entrenamiento. Precisamente el hecho de no haber descrito el tipo de desayuno, ni el tipo de sesión de entrenamiento realizada, limitan tanto la interpretación de los resultados como su posible comparación con posteriores estudios. Con todo, a pesar de que el desequilibrio en negativo del balance energético (menor ingesta que gasto) responde a lo esperado en múltiples contextos deportivos de alto rendimiento (Burke, 2001), conviene ser especialmente cautelosos cuando dicho desequilibrio se detecta en deportes de elevada predominancia estética vinculada a la mejora de la prestación competitiva, como sucede en el caso de la natación sincronizada (Robertson et al., 2014).

Por otra parte, factores que en un principio podrían no ser considerados, denotan la necesidad de hacer entender sobre la elevada dificultad que supone abordar cualquier estudio de valoración nutricional en natación sincronizada. A modo de ejemplo, podría citarse la influencia de la temperatura del agua en la gestión del balance energético (equilibrio entre ingesta y gasto energético). Efectivamente, se ha documentado que si bien el gasto energético es similar entre estar o no sumergido, o estarlo a diferentes temperaturas (a temperatura fría:  $20^\circ$ , o a temperatura neutra:  $33^\circ$ ), sí que aquellos que estuvieron sumergidos, en relación a los que no lo estuvieron, incrementaron su necesidad de aporte energético de manera significativa. Además, a más baja temperatura del agua, más necesidades energéticas se produjeron (White et al., 2005). Si esta circunstancia la extrapolamos a aquellos contextos específicos de la natación sincronizada, donde las nadadoras, ya sea orientados por un profesional, o no, tienen por objeto seguir una dieta restrictiva (hipocalórica) o simplemente equilibrada, deberá

entenderse la necesidad de contemplar tanto la temperatura de la piscina como el tiempo diario de inmersión en ésta (Lundy, 2011).

### 1.3.1.2 MACRONUTRIENTES

Los conocimientos actuales, basados en evidencias científicas, sobre las necesidades de proteínas, carbohidratos y grasas en natación sincronizada, son prácticamente inexistentes (Robertson et al., 2014). Únicamente se han hallado dos estudios que realicen un registro de 24h sobre los hábitos alimentarios en nadadoras de sincronizada (Ebine et al., 2000; Tanaka et al., 2006). El primero, pese a realizar el registro durante 7 días a 9 nadadoras de máximo nivel internacional, desgraciadamente, no reportó información alguna sobre la ingesta de macronutrientes. El segundo, también en 9 nadadoras japonesas pero esta vez de categoría infantil ( $13,4 \pm 1,0$  años), registró los siguientes valores de carbohidratos:  $378 \pm 65$  g·día<sup>-1</sup>, proteínas:  $107 \pm 15$  g·día<sup>-1</sup>, y grasas:  $88 \pm 14$  g·día<sup>-1</sup>. Desgraciadamente, esta expresión de resultados resulta muy limitada principalmente por no relacionar dicha ingesta con el peso individual de cada deportista. Con todo, puede que los posibles motivos de que en ambos estudios no reportaran datos actualmente comparables en relación a los hábitos alimentarios y concretamente a la ingesta de macronutrientes, sea que este no fuera su objetivo, centrándose el primero exclusivamente en la correcta determinación del gasto energético a través del método del agua doblemente marcada (Ebine et al., 2000), y el segundo en la relación de ciertos parámetros con la salud ósea de las nadadoras (Tanaka et al., 2006).

Por otra parte, los conocimientos actuales sobre las necesidades de carbohidratos, proteínas y grasas en el joven deportista, están basados principalmente en la población adulta. También las diferencias entre sexos no se han desarrollado en

profundidad. Con el objetivo de resumir las principales aportaciones y/o valores de referencia en cuanto a ingesta de carbohidratos se refiere, se ha generado la Tabla 1.15. Obsérvese la diferencia en relación a los tipos de deportes, clasificándose éstos en deportes de resistencia, deportes de fuerza-potencia, y finalmente deportes mixtos (Barbany & Lizárraga, 2002).

La natación sincronizada puede ser considerada un deporte mixto, donde la totalidad de la rutina competitiva demanda la obtención de energía por vía aeróbica, pero donde también es necesaria la vía anaeróbica, especialmente en la construcción de figuras, realización de acrobacias y, en general, en todas aquellas acciones que requieran de elevados valores de intensidad (Rodríguez-Zamora et al., 2012).

En las especialidades mixtas, es importante asegurar las reservas de glucógeno, por lo tanto la dieta debería contener, al menos, una cantidad diaria de carbohidratos, en relación a la mujer adolescente, de entre 5 y 9 g/kg/día, mayoritariamente de carga glucémica baja o media (Burke, 2007). Esto es especialmente importante para los/las deportistas en etapa de crecimiento y desarrollo, ya que el sistema metabólico de los glúcidos todavía no ha alcanzado la madurez propia del adulto (Eriksson, 1972), lo que podría conllevar una mayor velocidad a la hora de agotar los depósitos de glucógeno muscular y/o hepático y, consecuentemente, que el/la joven deportista obtuviera entre un 5-10% de energía directamente del catabolismo proteico, con las consecuencias negativas que, especialmente en este perfil poblacional, ello podría generar (Millward, 2004).

Las recomendaciones de ingesta proteica diaria en jóvenes deportistas son ligeramente más elevadas que en la población adulta (Tabla 1.15), principalmente por la etapa de crecimiento y desarrollo madurativo en el que se encuentran, y por las propias

demandas de la especialidad deportiva. En el caso de la mujer deportista adolescente, los valores recomendados se situarían entre 1,3 y 1,7 g/kg/día (Burke, 2007).

Finalmente, la ingesta de grasas diaria no difiere entre modalidades deportivas, siendo aconsejable situarse en valores cercanos al 30% de la ingesta calórica total (Williams & Devlin, 1992; Burke, 2007). No obstante, es importante que, más allá de dicha cantidad, el perfil lipídico se ajuste a las características de una dieta equilibrada, que en este caso debería corresponderse a los siguientes parámetros (Dapcich et al., 2007): a) ácidos grasos saturados (7-8%); b) ácidos grasos monoinsaturados (15-20%); c) ácidos grasos poliinsaturados (5%). En relación al colesterol, su ingesta no debería superar los 300 mg/día.

### 1.3.1.3 FIBRA DIETÉTICA

La fibra dietética conforma la fracción de los oligosacáridos, polisacáridos y derivados, que no puede descomponerse en componentes absorbibles por las enzimas digestivas humanas en el estómago e intestino delgado, incluyendo la lignina (Anderson et al., 2009).

La fibra dietética se clasifica en (Vidal-Garcia, 2009): a) fibra insoluble: compuesta por polímeros de elevado peso molecular y cadena muy larga de carácter fibroso. Está integrada esencialmente por vegetales ricos en celulosa, hemicelulosa y lignina. Es difícilmente soluble en agua y poco fermentable por las bacterias intestinales. Se elimina por las heces sin producir alteraciones. Previene el estreñimiento, acelera el tránsito intestinal, normaliza el volumen de las heces y rebaja su consistencia; b) fibra soluble: formada por pequeñas moléculas hidrófilas (mucílagos, inulina, pectinas, gomas y fructooligosacáridos), capaces de retener abundante agua y conformar un gel viscoso. Enlentece la absorción de grasas e hidratos de carbono,

rebajando los niveles plasmáticos de colesterol y el índice glucémico. También reduce la capacidad insulinogénica de los alimentos. Como la fibra insoluble, previene el estreñimiento al normalizar el volumen de las heces y disminuir su consistencia.

La fibra dietética debe conformar parte fundamental de la nutrición del deportista, por las siguientes razones (Barbany, 2012): a) al enlentecer la absorción de los azúcares presentes en los alimentos, reduce su índice glucémico y capacidad insulinogénica, minimizando posibles cuadros hipoglucémicos durante el entrenamiento y/o competición. También favorece que la aportación glucémica sea más regular, constante y, consecuentemente, más duradera a lo largo del tiempo; b) previene posibles alteraciones del tránsito intestinal como las diarreas o el estreñimiento muchas veces causadas por el cambio en los hábitos dietéticos derivados de los múltiples viajes a los que se someten algunos/as deportistas; c) ayuda al control de peso porque contribuye a la sensación de saciedad y a la disminución del apetito.

Con todo, un aporte excesivo de fibra podrá derivar en una serie de inconvenientes para el/la deportista, principalmente por (Truswell, 1992): a) un índice glucémico reducido en demasía podría generar una velocidad de vaciamiento gástrico demasiado lenta, limitando la disponibilidad de glucosa para su utilización inmediata; b) un exceso de fibra podría repercutir en una sensación de llenado gástrico e intestinal no real y del todo insuficiente para cubrir las necesidades energéticas de los/las deportistas; c) al aumentar el tiempo de permanencia de los hidratos de carbono en el intestino, se facilitaría su fermentación por la flora intestinal pudiendo derivar en dolores flatulentos y desagradables meteorismos.

Las recomendaciones actuales de fibra dietética oscilan entre 20 y 38 g/día, con una relación de 3:1 en relación a la fibra soluble/no soluble (Dapcich et al., 2007).

Tabla 1.15. Tabla resumen sobre valores de referencia en macronutrientes.

	HC (g/kg/día)		Proteínas (g/kg/día)		Grasas (%)	Referencias	
	Hombre	Mujer *	Hombre	Mujer *	General		
Personas sedentarias	3,0 - 5,0		0,8 - 1,0	0,8 - 1,0	30-35% *	Burke et al., 2004. Tarnopolosky, 2006.	
Deportistas recreativos	5,0 - 7,0		0,8 - 1,0	0,8 - 1,0		Burke et al., 2004. Tarnopolosky, 2006.	
Deportistas adultos	Deportes de resistencia	6,0 - 10,0		1,2 - 1,6		ACSM, 2000.	
		5,0 - 10,0		1,2 - 1,6	1,0 - 1,4	Lemon, 1997, 2000.	
	7,0 - 12,0		1,2 - 1,7	1,0 - 1,4	Maughan, 2002.		
	6,0 - 10,0	6,0 - 10,0	1,2 - 1,4	1,0 - 1,2	20-35% **	Burke et al., 2004. Tipton & Witard, 2007.	
Deportes de fuerza-potencia			1,4 - 1,7			ACSM, 2000.	
			1,5 - 1,7	1,3 - 1,4		Maughan, 2002.	
Deportes mixtos			1,2 - 1,7	1,0 - 1,4		Phillips et al., 2007.	
	6,0 - 10,0	5,0 - 9,0				ACSM, 2000.	
Deportistas adolescentes	General	6,0 - 10,0	5,0 - 9,0	1,4 - 1,7	1,2 - 1,4	Burke, 2007.	
		6,0 - 10,0	5,0 - 9,0	1,5 - 2,0	1,3 - 1,7	30%	Burke, 2007.

\* Cuervo & Ruiz de las Heras, 2009; \*\* Burke, 2007.

#### 1.3.1.4 MICRONUTRIENTES

Pese a que el calcio, la vitamina D, las vitaminas del complejo B, el hierro, el zinc, el magnesio, los antioxidantes (vitaminas C y E), los  $\beta$ -carotenos y el selenio, son los micronutrientes de mayor déficit en los deportistas de élite (Rodríguez et al., 2009), la mayoría de éstos todavía no se han analizado en natación sincronizada (Robertson et al., 2014).

##### 1.3.1.4.1 VITAMINAS

Las vitaminas son compuestos orgánicos que evitan la destrucción celular y juegan un rol fundamental en la regulación de los procesos metabólicos y neurológicos del ser humano. Suelen clasificarse en liposolubles (vitamina A, D, E, K) o hidrosolubles (complejo B y vitamina C), en función de su solubilidad en medios grasos o en agua, respectivamente. A continuación se resumen las recomendaciones de ingesta diaria, sus beneficios ergogénicos, y los principales resultados de investigación publicados hasta el momento en la literatura científica actual (Tabla 1.16 y Tabla 1.17). En este sentido, a pesar de que la correcta ingesta de algunas vitaminas (vitamina E, niacina, ácido fólico, vitamina C...), ha demostrado ser positiva para la salud de la población en general, las fuentes bibliográficas sobre sus beneficios en el rendimiento deportivo, son escasas.

Dado que en el alto rendimiento suelen registrarse déficits tanto en la ingesta calórica como vitamínica, suele recomendarse la aportación diaria de un complejo multivitamínico que, junto con un complemento de carbohidratos y proteínas post-entrenamiento, ayude a equilibrar dichos déficits durante los periodos de máximo volumen de trabajo.

Tabla 1.16. Dosis diarias recomendadas de vitaminas, función ergogénica y evidencias científicas en relación a la práctica deportiva - I - (adaptado de Kreider et al., 2010).

Vitaminas	RDA	Función ergogénica	Evidencias científicas
Vitamina A	Hombres: 900 µg/día Mujeres: 700 µg/día	Constituyente de la rodopsina (pigmento visual) involucrado en la visión nocturna. Mejora la visión en el deporte.	No existen evidencias científicas que corroboren que la suplementación con vitamina A mejore el rendimiento deportivo (Williams, 1989).
Vitamina D	5 µg/día	Promueve el crecimiento y proceso de mineralización ósea, mejorando la absorción de calcio.	La coadministración de suplementos con calcio puede ayudar a prevenir la pérdida de masa ósea en deportistas susceptibles a la osteoporosis (Reid, 1996).  No existen evidencias científicas que corroboren que la suplementación con vitamina A mejore el rendimiento deportivo (Williams, 1989).
Vitamina E	15 mg/día	Función antioxidante que previene la formación de radicales libres durante el ejercicio intenso, evita la destrucción eritrocitaria, y colabora al mantenimiento del suministro de oxígeno en el músculo durante el ejercicio.	La suplementación de vitamina E puede disminuir el estrés oxidativo generado por el ejercicio (Goldfarb, 1993,1999; Appell et al., 1997).  Evidencias sobre una mejora del rendimiento deportivo en situaciones de hipoxia (Tiidus & Houston, 1995).
Vitamina K	Hombres: 120 µg/día Mujeres: 90 µg/día	Importante en la coagulación de la sangre. La vitamina K puede afectar al metabolismo de mujeres postmenopáusicas.	La suplementación de vitamina K (10 mg/día) en deportistas de élite femeninas aumentó un 15-20% los marcadores de formación ósea y disminuyó un 20-25% los de resorción ósea (Craciun et al., 1998).
Vitamina C	Hombres: 90 mg/día Mujeres: 75 mg/día	Antioxidante que favorece la absorción de hierro. Mejora el metabolismo durante el ejercicio y el sistema inmunitario, pudiendo consecuentemente condicionar favorablemente el rendimiento deportivo.	No existen evidencias científicas rigurosas que demuestren una mejora significativa del rendimiento en deportistas de élite correctamente alimentados (Beek, 1991; Beek et al., 1994).  Su suplementación puede mejorar la infección de vías respiratorias altas (Pedersen et al., 1999; Nieman, 2001; Petersen et al., 2001).
Betacaroteno	3,0 – 7,0 mg/día	Antioxidante que puede disminuir el daño muscular producido por la peroxidación lipídica.	Las investigaciones indican que los suplementos de betacarotenos con o sin otros antioxidantes pueden disminuir la peroxidación inducida por el ejercicio. Esta circunstancia podría condicionar una mejor toleración de la carga de entrenamiento en deportistas (Goldfarb, 1999).

Tabla 1.17. Dosis diarias recomendadas de vitaminas, función ergogénica y evidencias científicas en relación a la práctica deportiva - II - (adaptado de Kreider et al., 2010).

Vitaminas	RDA	Función ergogénica	Evidencias científicas
Tiamina (B <sub>1</sub> )	Hombres: 1,2 mg/día Mujeres: 1,1 mg/día	Su suplementación mejora el umbral anaeróbico y el transporte de CO <sub>2</sub> . Su deficiencia puede disminuir la eficiencia de la disponibilidad energética.	En deportistas de élite bien alimentados su suplementación no ha demostrado de manera significativa efectos positivos sobre el rendimiento físico (Fogelholm, 1993a).
Riboflavina (B <sub>2</sub> )	Hombres: 1,3 mg/día Mujeres: 1,7 mg/día	Constituyente de coenzimas involucrados en el metabolismo energético. Mejora la disponibilidad energética en el metabolismo oxidativo.	La suplementación de 100-500 mg/día ha demostrado disminuir los niveles de lípidos en sangre y aumentar los de homocisteína en pacientes con hipercolesterolemia (Garg et al., 1999; Alaswad et al., 1999).
Niacina (B <sub>3</sub> )	Hombres: 16 mg/día Mujeres: 14 mg/día	Constituyente de coenzimas involucrados en el metabolismo energético. Incrementa la utilización de ácidos grasos durante el ejercicio, reduce el colesterol, mejora la termorregulación y mejora la disponibilidad de energía durante el metabolismo oxidativo.	Con 280 mg/día se ha demostrado disminuir la utilización de energía mediante la movilización de ácidos grasos durante el ejercicio (Murray et al., 1995).
Piridoxina (B <sub>6</sub> )	1,3 mg/día	Como suplemento, puede condicionar favorablemente la mejora de la masa muscular, la fuerza y la capacidad aeróbica.	En deportistas bien alimentados, la piridoxina no mejoró la capacidad aeróbica o la acumulación de ácido láctico (Fogelholm, 1993a). Sin embargo, combinado con las vitaminas B <sub>1</sub> y B <sub>12</sub> , aumentaron los niveles de serotonina y mejora la motricidad fina, importante en deportes que exigen precisión (Bonke, 1986; Bonke & Nickel, 1989).
Cianocobalamina (B <sub>12</sub> )	24 µg/día	Coenzima involucrada en la formación de ADN y serotonina. Por ello, puede favorecer un incremento de la masa muscular y la capacidad de transporte de oxígeno en la sangre. Adicionalmente, puede contribuir a una disminución de la ansiedad.	En deportistas de élite bien alimentados su suplementación no ha demostrado de manera significativa efectos positivos sobre el rendimiento físico. Sin embargo, combinada con las vitaminas B <sub>1</sub> Y B <sub>6</sub> , sí que ha condicionado una mejora la motricidad fina, importante en deportes que exijan precisión (Bonke et al., 1989).
Ácido fólico (B <sub>9</sub> )	400 µg/día	Coenzima que favorece la formación eritrocitaria y del propio ADN. Dicho proceso de generación óptima de hemáties, podría conllevar una mejora de la entrega de oxígeno a los músculos durante el ejercicio. Por otra parte, previene posibles defectos de nacimiento y puede ayudar a disminuir los niveles de homocisteína.	En deportistas de élite bien alimentados su suplementación no ha demostrado de manera significativa efectos positivos sobre el rendimiento físico (Williams, 1989). El aumento de ácido fólico en la dieta de mujeres embarazadas puede reducir la incidencia de defectos neonatales Van Dike et al., 2002) Adicionalmente, puede disminuir los niveles de homocisteína (Mattson et al., 2002).
Ácido pantoténico (B <sub>5</sub> )	5 mg/día	Coenzima para la acetil coenzima A (acetil CoA), que podría condicionar favorablemente la capacidad de obtención de energía por vía aeróbica.	Generalmente se reconocen mejoras en el ejercicio aeróbico, suplementando acetil Coa. Sin embargo, existen estudios que han demostrado una disminución de la acumulación de ácido láctico, sin una mejora asociada del rendimiento deportivo (Webster, 1998).

Actualmente se considera que las vitaminas E y C pueden ayudar a tolerar mayores cargas de entrenamiento en base a reducir la inferencia oxidativa provocada por el ejercicio físico y, en relación exclusiva a la vitamina C, a mejorar la respuesta inmune del organismo delante de una determinada carga de entrenamiento. No obstante, recientes revisiones insisten que actualmente todavía no quedan clarificados los efectos beneficiosos de ciertas vitaminas sobre el organismo (niacina: eleva los niveles de colesterol HDL disminuyendo enfermedades cardiovasculares; vitamina E: actúa como antioxidante; vitamina D: preserva la función músculo-esquelética; vitamina C: refuerza el sistema inmunológico, etc.), debiendo seguir investigándose hasta obtener conclusiones válidas y veraces (Kreider et al., 2010).

#### **1.3.1.4.2 MINERALES**

Los minerales son elementos esenciales inorgánicos, necesarios para el desencadenamiento una serie de procesos metabólicos. Dan soporte a la estructura de los tejidos, conforman parte esencial de enzimas y hormonas, y son reguladores de control metabólico y neuronal.

En población deportista, especialmente en practicantes de especialidades de resistencia, se han descrito déficits en la ingesta de minerales, ocasionando la reducción de la capacidad funcional y del rendimiento deportivo. Por otra parte, se han demostrado beneficios en la prestación deportiva al suplementar minerales a deportistas, con o sin déficits de éstos.

La Tabla 1.18 resume los minerales que la bibliografía científica considera susceptibles de afectar la capacidad funcional del deportista, algunos de ellos asumiendo un rol determinante (Kreider et al., 2010).

Tabla 1.18. Dosis diarias recomendadas de minerales, función ergogénica y evidencias científicas en relación a la práctica deportiva (adaptado de Kreider et al., 2010).

Minerales	RDA	Función ergogénica	Evidencias científicas
Calcio	Hombres y Mujeres 1000 mg/día	Interviene en la formación de los huesos y dientes, en la coagulación de la sangre y en la transmisión nerviosa. También estimula el metabolismo de las grasas. En etapas de crecimiento y desarrollo, en mujeres deportistas y en la menopausia, es importante cubrir sus necesidades (Davies et al., 2000).	La suplementación de calcio puede ser beneficiosa en poblaciones susceptibles de padecer osteoporosis (Grados et al., 2003). Además, la suplementación con Ca, promueve el metabolismo de las grasas, optimizando la composición corporal (Zemel, 2003a, 2003b). Sin embargo, no se ha descrito ningún efecto ergogénico asociado al rendimiento deportivo.
Hierro	Hombres: 8 mg/día  Mujeres: 18 mg/día	La suplementación de hierro se utiliza generalmente para compensar determinados cuadros anémicos tanto en población general como en deportistas (predominantemente en deportes de resistencia o de mucha carga).	La mayoría de las investigaciones constatan efectos positivos en la suplementación de hierro, ante determinados procesos de anemia, y bajo determinadas condiciones de administración (Brutsaert et al., 2003).
Magnesio	Hombres: 420 mg/día  Mujeres: 320 mg/día	Activa las enzimas implicadas en la síntesis de proteínas. Interviene en las reacciones del ATP. Los niveles séricos disminuyen con el ejercicio. Algunos estudios sugieren que la suplementación con magnesio puede mejorar el metabolismo energético y la disponibilidad de ATP.	La mayoría de las investigaciones, demuestran que la suplementación con magnesio no mejora el rendimiento deportivo, a no ser que haya una deficiencia en éste (Lukaski, 2001; Bohl & Volpe, 2002; Nielsen & Lukaski, 2006).
Potasio	Hombres y Mujeres 2000 mg/día	Electrolito que ayuda a regular el balance hídrico, el equilibrio ácido-base y la transmisión nerviosa. La disminución o el exceso de potasio podrían provocar calambres musculares.	No está claro si la suplementación con potasio disminuye la incidencia de calambres musculares generados por el ejercicio (Sawka & Montain, 2000). No se han demostrado efectos ergogénicos relevantes asociados a una mejora del rendimiento deportivo (Zorbas et al., 2002).
Selenio	Hombres y Mujeres 55 µg/día	Antioxidante inhibe la producción de radicales libres por parte de los lípidos durante el ejercicio aeróbico.	Aunque el selenio puede reducir la peroxidación lipídica durante el ejercicio aeróbico, las mejoras en la capacidad aeróbica no se han demostrado (Tessier et al., 1995; Margaritis et al., 1997).
Sodio	Hombres y Mujeres 500 mg/día	Electrolito que ayuda a regular el balance hídrico, el equilibrio ácido-base y la transmisión nerviosa. La disminución de sodio puede provocar calambres e hiponatremia.	El aumento de la disponibilidad de sal durante el entrenamiento intenso y caluroso se ha demostrado que ayuda a mantener el equilibrio hídrico y a prevenir la hiponatremia (Sawka & Montain, 2000; Sharp, 2006; Wendt et al., 2007).
Zinc	Hombres: 11 mg/día  Mujeres: 8 mg/día	Es un constituyente de las enzimas implicadas en la digestión. Interviene en el sistema inmunitario. Reduce la incidencia de las infecciones de las vías respiratorias altas en deportistas que realizan entrenamientos intensos.	Los estudios indican que la suplementación con zinc (25 mg/día), durante periodos de elevada carga de entrenamiento, favorece la mejor respuesta de la función inmune (Singh et al., 1994; Gleeson & Bishop, 2000b; Gibson et al., 2002).

Así, en relación a la ingesta de minerales, se puede observar (Kreider et al., 2010): a) calcio: el suplemento de este mineral puede minimizar a medio y/o a largo plazo cuadros osteoporóticos derivados de determinadas prácticas deportivas prematuras y desmesuradas; b) hierro: el suplemento de hierro en deportistas propensos a su deficiencia previene de posibles anemias; c) sodio: la carga de fosfato de sodio se ha demostrado como un método adecuado para aumentar, entre un 8,0% y un 10,0%, tanto la captación máxima de oxígeno como consecuentemente todos aquellos esfuerzos a nivel de umbral anaeróbico o de tolerancia al lactato (Sharp, 2006); d) sodio: incrementar la disponibilidad de sal aumentándola en la dieta de los días previos a un esfuerzo físico de larga duración bajo condiciones de elevado calor y humedad, se ha demostrado favorable para preservar el equilibrio hídrico minimizando posibles procesos de deshidratación. A este respecto, el “*American College of Sports Medicine*” (ACSM, 2000) recomienda una ingesta de sodio de entre 300 y 600 mg por hora o, lo que es lo mismo, de 1,7 a 2,9 g durante un ejercicio prolongado de moderada a elevada intensidad; e) zinc: el suplemento de este mineral minimiza los cambios inducidos por el ejercicio físico a la función inmune.

Finalmente, y en contraste con las vitaminas, la literatura científica sí parece ser más concluyente a la hora de informar sobre los efectos positivos de ciertos minerales en la capacidad de ejercicio y/o en las adaptaciones que éstos generan en el proceso de entrenamiento y/o competición. Con todo, todavía conviene advertir que no existen indicios claros sobre el rol que juega la mayor o menor ingesta, o en su defecto la suplementación, de otros minerales como el boro, el cromo, el magnesio o el vanadio (Nielsen & Lukaski, 2006). Así pues, a día de hoy, conviene seguir investigando a este respecto.

### 1.3.2 HIDRATACIÓN

Principalmente, la aparición de la fatiga durante el ejercicio físico se produce por la disminución de hidratos de carbono almacenados en forma de glucógeno, y por la deshidratación, tanto en términos cuantitativos - pérdida de agua por sudor - como cualitativos - desequilibrio electrolítico - (Palacios et al., 2008). Pese a que una dieta equilibrada y una correcta hidratación son la base para cubrir los requerimientos nutricionales de la mayoría de deportistas (Armstrong, 2007), en función del tipo de deporte, el nivel de exigencia, el periodo de la temporada, las condiciones climatológicas, y en general las características individuales de cada deportista, será necesario gestionar con especial atención dicha reposición hídrica (Casa et al., 2000). En términos específicos vinculados a la producción de fuerza muscular, la deshidratación condiciona negativamente el rendimiento físico porque compromete tanto la obtención de energía vía aeróbica a nivel muscular, como la posibilidad de transportar el lactato generado lejos de la estructura muscular (McGarvey et al., 2010). Así, en función de la pérdida de peso, vinculada ésta a la pérdida de agua corporal y la depleción de los depósitos de glucógeno, se han caracterizado las siguientes alteraciones, todas ellas de vital importancia en relación a la práctica deportiva de máximas exigencias fisiológicas (Bar-Or et al., 1980; Casa et al., 2000; Maughan, 2000; Maughan & Burke, 2002; Armstrong, 2007; Chevront et al., 2010): a) pérdida del 2%: descenso de la capacidad termorreguladora; b) pérdida del 3%: disminución de la resistencia al ejercicio, calambres, mareos, aumento del riesgo de sufrir lipotimias e incremento moderado de la temperatura corporal ( $\approx 1^{\circ}\text{C}$ ); c) pérdida del 4-6%: disminución de la fuerza muscular, contracturas, cefaleas y aumento exponencial de la temperatura corporal ( $\approx 2-3^{\circ}\text{C}$ ); d) pérdida del 7-8%: contracturas graves, agotamiento,

parestias, posible fallo orgánico, golpe de calor; e) pérdidas entorno a un 10% comportarían un serio riesgo vital.

Con todo, la euhidratación debe procurarse antes, durante y después de la práctica de ejercicio físico, por lo que conviene tener en cuenta las actuales recomendaciones a este respecto (Palacios et al., 2008): A) *hidratación antes del ejercicio*: un sujeto está correctamente hidratado si su peso en ayunas es estable, registrando variaciones diarias menores al 1% (Oppliger & Bartok, 2002). En la mujer, sin embargo, deberá tenerse en cuenta la fase del ciclo menstrual, ya que en la fase lútea el peso aumentaría por la mayor capacidad de retención de líquidos (Armstrong et al., 2012). Si se ingiere suficiente líquido durante las comidas del día previo, y existe un periodo de descanso adecuado desde la última sesión de entrenamiento (8-12 horas), es muy probable que el deportista esté euhidratado (Tam & Noakes, 2013). Si estas condiciones no se cumplen, será necesario reponer lentamente la ingesta de líquidos a razón de 5 a 7 mL/kg en las 4 horas previas al inicio del ejercicio. Si pese a este protocolo, el individuo no pudiera orinar o si la orina fuese muy oscura o concentrada, debería aumentarse la ingesta añadiendo de 3 a 5 mL/kg más, en las últimas 2 horas previas al ejercicio (Benardot, 2007). En relación a esto, conviene señalar tres aspectos a considerar (Baker & Jeukendrup, 2014): 1) las bebidas con 20-50 mEq/L de sodio y comidas con sal suficiente pueden ayudar a estimular la sed y a retener los fluidos consumidos; 2) en ambientes calurosos y húmedos, como pudiera ser el caso de la natación sincronizada, es conveniente tomar cerca de medio litro de líquido con sales minerales durante la hora previa al comienzo del entrenamiento y/o competición, dividido en cuatro tomas cada 15 minutos (200 mL cada cuarto de hora); 3) en ejercicios superiores a 60 minutos, es recomendable añadir hidratos de carbono a la bebida, especialmente en las dos últimas tomas. B) *hidratación durante el ejercicio*:

durante el proceso de entrenamiento o competición, uno de los objetivos fundamentales es mantener el balance hidroelectrolítico y, por ende, el volumen plasmático adecuado para un determinado ejercicio. A partir de 30 min continuados de esfuerzo físico, empezaría a ser necesario compensar la pérdida de líquidos. A partir de 60 min, representaría una necesidad imprescindible (Armstrong, 2007). Durante el ejercicio, como norma general se recomienda beber entre 6 y 8 mL/kg/h, de manera fraccionada cada 15 – 20 min (Hew-Butler et al., 2006). La temperatura ideal de los líquidos debe oscilar entre 15-21 grados. Bebidas más frías enlentecen la absorción y en ocasiones pueden provocar lipotimias y desvanecimientos, mientras que las bebidas más calientes no son apetecibles, por lo que se beberá menos cantidad (Cheuvront et al., 2010). Finalmente, conviene equilibrar electrolíticamente de manera adecuada la ingesta de líquido, para evitar, por ejemplo, cuadros hiponatémicos derivados de un aumento desproporcionado de agua en relación a la concentración electrolítica. En este sentido, las bebidas deberán contener entre 460 mg/l y 1150 mg/l de sodio (Valentine, 2007). De manera relacionada, también se recomienda que el nivel calórico de éstas se sitúe entre las 80 kcal/1000 mL y las 350 kcal/1000 mL, de las cuales, al menos el 75%, deberá provenir de una mezcla de carbohidratos de alta carga glucémica como la glucosa, la sacarosa, las maltodextrinas y/o la fructosa (Baker & Jeukendrup, 2014). En todos los casos, el situarse en uno u otro valor dentro de los rangos indicados, dependerá de las características del deporte, del deportista, y de las condiciones ambientales del día de competición y/o entrenamiento. C) *hidratación después del ejercicio*: la rehidratación, entendida como la compensación de la pérdida de líquidos y solutos acumulada durante el transcurso de un determinado esfuerzo físico, debe iniciarse tan pronto como finalice el ejercicio. El objetivo fundamental es el restablecimiento inmediato del balance hidroelectrolítico, y por lo tanto de la normal función cardiovascular, muscular y

metabólica (Palacios et al., 2008). En este sentido, se recomienda ingerir en forma de líquido, un mínimo del 150% del peso perdido (con aporte de sodio y carbohidratos en el caso de haber perdido más del 2% de peso) cada 20-30 minutos durante las 6 primeras horas posteriores al esfuerzo físico (Sharp, 2006). La suplementación con carbohidratos disminuiría la liberación de interleucina 6 por parte del músculo tras el ejercicio, hormona estimuladora del cortisol y ambas inmunodepresoras, minimizando así los efectos adversos que las cargas elevadas de entrenamiento han demostrado sobre el sistema inmune en deportistas de alto rendimiento (Gleeson & Bishop, 2000a).

Si bien hasta la actualidad los estudios nutricionales relacionados con la natación sincronizada se han demostrado escasos, aquellos que centran su objeto en el estudio del estado de hidratación de sus practicantes, es todavía menor. Únicamente se han hallado dos estudios que investiguen el posible grado de deshidratación generado por el proceso de entrenamiento y/o competición en natación sincronizada. Brown y Lundy (estudio no publicado, citado en Lundy, 2011) realizaron un estudio de campo donde observaron que el 50% de las componentes del equipo nacional británico, durante el periodo de preparación competitivo, asumían los entrenamientos previamente deshidratadas, con una gravedad específica de la orina situada en  $1,021 \pm 0,004$  mL/g. Se analizaron también las pérdidas de agua por sudoración durante dos sesiones diferentes de entrenamiento, comprobando que éstas fueron reducidas ( $258 \pm 49$  mL/hora durante una sesión en seco de 4 horas;  $204 \pm 60$  mL/hora durante una sesión en agua de 3 horas). La reposición de líquidos fue del 78,0% durante la sesión en seco, y del 59,0% durante la sesión de la piscina. Estos resultados indican que las nadadoras se deshidrataron entorno al  $0,4 \pm 0,5$  %, valores que, en principio, no suponen ningún tipo de disminución de rendimiento físico asociado (Benardot, 2007). Estos resultados contrastan, sin embargo, con los resultados reportados por Pazikas y colaboradores

(2005), que registró pérdidas de agua corporal total cercanas al 2,0% durante una sesión de elevada intensidad. Posiblemente la escasa muestra (n=2), la diferencia en la intensidad del entrenamiento, y las características de las condiciones medioambientales, condicionaron tales diferencias. Con todo, tal y como señala Lundy (2011), resulta interesante observar la menor reposición de líquidos durante las sesiones de piscina, posiblemente a causa de los menores tiempos de recuperación para poder beber, o bien porque las propias nadadoras los limitan para evitar posibles malestares gastrointestinales derivados de los múltiples elementos técnicos en inversión.

### **1.3.3 SÍNDROME DE LA TRÍADA DE LA DEPORTISTA**

El ejercicio físico correctamente adaptado es beneficioso para la salud de hombres y mujeres en todas las etapas de la vida (Gunter et al., 2012). Adaptar correctamente una determinada carga de entrenamiento supone, entre otros factores, controlar cuantitativa y cualitativamente la ingesta energética (Huffman, 2010). Sólo así es posible compensar los normales déficits generados por el ejercicio físico. Las consecuencias para la salud de un déficit de energía se denominan comúnmente como la “tríada de la deportista femenina”, y corresponde a un síndrome multifactorial compuesto por la interrelación de tres circunstancias: baja disponibilidad de energía, disfunción menstrual, y mala salud de los huesos (Mallinson & De Souza, 2014). Un déficit de energía constante supondría una disminución de las concentraciones de estrógeno que repercutirían directamente sobre la salud del hueso reduciendo su densidad mineral, hecho que repercutiría en una menor rigidez del hueso y, por lo tanto, una merma significativa de su capacidad para soportar cargas (Gibbs et al., 2013). En el ámbito del deporte competitivo femenino representaría, entre otros aspectos, la posibilidad de generación de un mayor número de fracturas de estrés (Barrack et al., 2014).

Está bien documentado que las mujeres practicantes de modalidades deportivas artísticas conforman un perfil poblacional de riesgo, susceptible de padecer alteraciones del ciclo menstrual y con ello, posibles patologías relacionadas con procesos osteoporóticos prematuros (Torstveit & Sundgot-Borgen, 2005). En natación sincronizada se han descrito retrasos de la menarquia entorno a los 0,6 años en relación a otros deportes. Además, junto a la gimnasia artística (1,7 años de retraso), esta modalidad parece ser una de las que sus practicantes, a nivel de élite, registran ciclos menstruales más inestables (Sambanis et al., 2003). Otros estudios, también realizados con nadadoras de élite, han registrado sin embargo una menor incidencia en cuanto a alteraciones menstruales se refiere (Ramsay & Wolman, 2001). En todo caso, y tal y como señalan los mismos autores, es posible que el momento de la temporada en que se realizó el estudio (baja carga de entrenamiento) junto a la inclusión en la muestra de deportistas que, bajo prescripción médica, se suministraban anticonceptivos orales, pudieran haber condicionado tales resultados. En este mismo sentido se pronunciaron Ferrand et al. (2007), al registrar pocos casos de disfunciones del ciclo menstrual pero detectando que el 63,6% de las jóvenes nadadoras tenían prescritos tratamientos hormonales sustitutorios para su regulación.

Gracias a la determinación del contenido mineral óseo (CMO), es posible detectar hasta qué punto una deportista está asimilando o no, una determinada carga de entrenamiento (Maïmoun et al., 2014). Si bien no se han hallado estudios que específicamente valoren este componente en natación sincronizada, sí que se ha comprobado cómo, en esta modalidad y en la gimnasia artística femenina, el grado de rigidez ósea era prácticamente el doble que el registrado en el grupo control no deportista (Liang et al., 2005). Estos resultados sorprendieron a los propios autores, no tanto en relación a la gimnasia (con preponderancia de elevados impactos y trabajo con

autocargas), y sí a los elevados valores registrados en las nadadoras, circunstancia que éstos adujeron a las múltiples contracciones musculares de alta velocidad que caracterizan a esta modalidad, y al hecho de que la totalidad de la muestra estuviera conformada por jóvenes nadadoras eumenorréicas. Con todo, el mismo estudio registró valores CMO (carpo izquierdo), menores en el caso de las nadadoras en relación a las gimnastas y al grupo control. Datos que parecen circunscribirse a la normalidad en comparación con las gimnastas, pero que resultan de difícil interpretación en el caso de la población normal. Además, dichos resultados (menor CMO de las nadadoras en relación a la población no deportista) están en consonancia tanto con anteriores estudios (Roby et al., 1988) como con posteriores (Tanaka et al., 2006). Adicionalmente, también se han descrito sendos retrasos biológicos de la edad ósea de las nadadoras de sincronizada de alrededor de 1 año (Markou et al., 2004).

En base a la bibliografía consultada, parece probable que tanto el ciclo menstrual como la salud ósea de las nadadoras de sincronizada pudieran verse alterados por la práctica competitiva de élite en esta modalidad (Roby et al., 1988; Markou et al., 2004; Liang et al., 2005; Tanaka et al., 2006). No obstante, no se puede afirmar con rotundidad ya que la literatura actual es escasa (Lundy, 2011). Menor información existe si cabe sobre el primer componente detonador del síndrome de la tríada, esto es el cálculo del balance energético y la consecuente comprobación de la existencia, o no, de déficits nutricionales relacionados.

#### **1.3.4 TRASTORNOS DE LA CONDUCTA ALIMENTARIA**

La natación sincronizada es un deporte de gran demanda física, y también psicológica. Las elevadas cargas de entrenamiento, asociadas a edades de inicio que en cualquier otro contexto podrían tildarse de prematuras, confluyen en una modalidad femenina

donde las nadadoras, en la vital etapa que supone el paso de la infancia a la adolescencia, conforman claramente una población de riesgo. Así, las jóvenes nadadoras deberán saber hallar el equilibrio entre las preponderantes demandas de imagen y estética que intervienen en su modalidad, y las conductas y hábitos saludables característicos de lo que se supone inherentes a una buena deportista. En todo caso, ya sea por una razón u otra, desgraciadamente la literatura relacionada aporta claras evidencias que muchas de ellas no consiguen lograr dicho equilibrio.

Circunscribiéndose exclusivamente al ámbito de los trastornos de la conducta alimentaria (TCA), está bien documentado el riesgo, más elevado que en el resto de deportes, de aquellas modalidades de componente artístico y/o estético (Sundgot-Borgen & Torstveit, 2004). En este sentido, a partir de la valoración del índice de masa corporal (IMC) y los resultados obtenidos del cuestionario EAT-13 (propuesta simplificada del cuestionario EAT-26 que suprime, entre otros ítems, aquellos relacionados con la bulimia y que por lo tanto no parece el más adecuado para este perfil poblacional), se ha descrito un mayor riesgo de TCA en nadadoras de sincronizada que, por ejemplo, en nadadoras de corta, media o larga distancia, y jugadoras de waterpolo (Douka et al., 2008). Estos resultados concuerdan con el estudio realizado por Lee (2005) en el que utilizó el cuestionario EAT-26, el BSQ-14 que informa sobre el nivel de insatisfacción corporal, un registro alimentario de 24 horas durante 3 días, y el control del comportamiento del peso corporal y estado del ciclo menstrual, para valorar el riesgo de TCA en un conjunto de deportistas femeninas de siete modalidades diferentes. La gimnasia rítmica y la natación sincronizada obtuvieron los rangos porcentuales más elevados como para poder considerarse población de riesgo nutricional. También se llegó a las mismas conclusiones en el estudio publicado por Ferrand et al. (2005), mediante el cuestionario EAT-26, en 42 nadadoras de élite.

Con todo, también se han constatado TCA en natación sincronizada en niveles deportivos no necesariamente de élite (Ferrand et al., 2007). Efectivamente, se registró que más de la mitad de las nadadoras analizadas (54,5%) se consideraban a ellas mismas con sobrepeso, cuando su peso corporal se encontraba en los estándares saludables considerados para la población adolescente femenina (De Onis et al., 2007). Algunos de los métodos que las nadadoras utilizaban para minimizar cualquier posible aumento de peso, fueron: variedad de alimentos muy reducida, dieta con ingesta de grasas muy reducida, cantidades de comida muy pequeñas, autoinducción de vómitos (24,2%), entrenar en ayuno (24,2%), utilización de diuréticos (15,3%) y laxantes (3,3%). Además, muchas de ellas (27,2%) señalaron la necesidad de entrenar para seguir reduciendo su peso, más allá de la propia planificación de la carga de entrenamiento de la disciplina deportiva.

Resulta interesante observar los resultados presentados por Perini et al. (2009) en los que se constata que la prevalencia de TCA y el grado de insatisfacción corporal estaban más asociados a las nadadoras júnior que a las sénior. Los autores sugieren que la constante presión por parte de las júnior de querer llegar al equipo nacional sénior, conllevaría un nivel de autoexigencia física superior, que explicaría estos resultados.

Finalmente, las últimas referencias coinciden unánimemente en considerar a la natación sincronizada, de manera independiente al nivel competitivo de sus practicantes, como un deporte susceptible de registrar TCA (Lundy, 2011; Mandic et al., 2013; Robertson et al., 2014). Es por ello que, con el objetivo de detectar precozmente sus posibles factores de riesgo, se recomienda asesoramiento profesional pluridisciplinar (medicina, enfermería, psicología, nutrición...), y máxima responsabilidad por parte del binomio entrenador/a – familia, para guiar y orientar a las jóvenes deportistas, especialmente en la difícil etapa de la adolescencia.

### **1.3.5 EDUCACIÓN NUTRICIONAL**

El joven deportista necesita alimentarse bien, en primer lugar para tener cubiertas las necesidades propias de la etapa de crecimiento en la que se encuentra, en segundo lugar para optimizar su rendimiento físico y psicológico, y en tercer lugar para mantener un estilo de vida saludable, acorde con unos principios éticos y educativos que deberán prolongarse más allá de su propia trayectoria deportiva (Carrasco et al., 2008).

Una inadecuada nutrición afectará negativamente no sólo al rendimiento motriz, sino que conllevará serias afectaciones a largo plazo sobre el desarrollo del niño y el adolescente (Toro et al., 2005). No debemos obviar que, aunque muchas veces no se considere, son precisamente los jóvenes deportistas con elevados objetivos competitivos los que conforman un grupo de alto riesgo nutricional, especialmente y de manera remarcable, en el caso de las mujeres (Aranceta, 2001; Ortega et al., 2007).

Algunos de nuestros jóvenes deportistas caen en el error de seguir dietas no equilibradas pretendiendo "compensar" dichos déficits exclusivamente con suplementos dietéticos que se supone incrementarán su prestación física. Este es un error de base que conviene reorientar y/o reeducar, y no sólo en referencia al deportista, sino también en relación a su entorno más cercano formado por el/la entrenador/a y su familia. Además, tal y como se ha remarcado en el caso que nos ocupa, se constata el riesgo de padecer, especialmente en deportes técnico-combinatorios o de componente estética como la natación sincronizada, posibles TCA. Así, es necesario hacer entender a todos los agentes que intervienen en el normal desarrollo del joven deportista (abarcando aquí desde la esfera político-administrativa que todo sistema deportivo posee, hasta el entorno más macro y micro del propio deportista) que es necesario establecer un proceso educativo, de aplicación transversal (deportista – entrenador – familia), sistemático, y consolidado longitudinalmente a lo largo del tiempo, que oriente y de

soporte continuo a los jóvenes deportistas. En el caso de la nutrición deportiva, hacer entender que sólo a través de una dieta equilibrada, individualizada según las condiciones de cada deporte y deportista, se podrá fundamentar la base del éxito para conseguir el máximo rendimiento sin renunciar a un estado de salud óptimo.

## **2 JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS**

## 2.1 Justificación

La natación sincronizada es un deporte femenino, acuático, técnico-combinatorio de componente artístico, que exige de sus practicantes grandes demandas físicas a edades cada vez más tempranas (Rodríguez-Zamora et al., 2014a).

La aportación del conocimiento científico a esta realidad deportiva es escasa (Lundy, 2011). Además, en relación a aspectos dietéticos y nutricionales, dicha escasez aumenta y lo hace de manera prácticamente monotemática hacia la determinación de posibles trastornos de la conducta alimentaria (Sundgot-Borgen & Torstveit, 2004, Ferrand et al., 2005, 2007; Lee, 2005; Douka et al., 2008; Perini et al., 2009). El resto de aportaciones versan en relación al estudio del gasto energético (Ebine et al., 2000), factores condicionantes del nivel de salud ósea (Tanaka et al., 2006) y, finalmente, los niveles de ferritina como indicador biológico de estado de sobreentrenamiento (Roberts & Smith, 1990).

Actualmente se desconocen tanto las necesidades nutricionales, como los hábitos alimentarios que siguen las jóvenes nadadoras en sus primeras etapas de formación hacia la élite deportiva. Además, los escasos estudios que han caracterizado el perfil somático de las nadadoras (Tabla 1.2), lo han hecho con un conjunto de variables antropométricas muy restringido, mediante la utilización de muestras muy escasas y/o de nivel competitivo modesto, o desde hace ya demasiados años como para considerar los resultados representativos de la natación sincronizada más actual (FINA, 2013). En este sentido, teniendo en cuenta lo importante que es el físico para la consecución del éxito deportivo en natación sincronizada (Lundy, 2011), parece adecuado actualizar cuáles son sus características tanto en la élite como en las etapas previas a ésta. Tampoco se han analizado las adaptaciones hídricas generadas por las largas y extenuantes sesiones de entrenamiento, desconociéndose, por ejemplo, hasta qué punto

o en qué grado las actuales nadadoras podrían padecer procesos de deshidratación. Si a ello le añadimos las condiciones medioambientales de calor y humedad a las que las nadadoras se ven sometidas, y la elevada dificultad en la reposición de líquidos y/o nutrientes durante las sesiones de entrenamiento (Pazikas et al., 2005), se entenderá que resulte de vital importancia aportar conocimiento en este sentido.

Finalmente, tal y como se ha argumentado (apartado 1.3.4), las jóvenes nadadoras conforman una población de riesgo, especialmente cuanto más elevados sean los objetivos competitivos que deban asumir (Lundy, 2011). Es necesario planificar una intervención educativa, racional, coordinada y pluridisciplinar, de todos los agentes que intervengan a lo largo de la carrera deportiva de las nadadoras. Previamente será necesario aportar la base de conocimiento de dichas intervenciones. La sinergia entre salud y máximos éxitos competitivos, es posible. Pero para ello deberá aportarse, entre otros aspectos, la rigurosidad del conocimiento científico.

La presente investigación pretende mejorar nuestro conocimiento sobre cuáles son los hábitos nutricionales de un grupo de jóvenes nadadoras de natación sincronizada. Adicionalmente se aportará información actualizada sobre: a) el perfil somático de la nadadora; b) el estado hematológico-bioquímico; c) el grado de deshidratación que genera un determinado tipo de sesión de entrenamiento. En base a la valoración y discusión de estos resultados se aportarán las correspondientes recomendaciones nutricionales.

## **2.2 Objetivos**

### **2.2.1 OBJETIVOS GENERALES**

Los objetivos generales del presente estudio, son los siguientes:

- Caracterizar el estado nutricional y de hidratación de un grupo de jóvenes nadadoras españolas de natación sincronizada de máximo nivel competitivo.
- Proponer pautas nutricionales e hídricas para el grupo de jóvenes nadadoras analizado.

### **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 NUTRICIONAL**

- Caracterizar la energía total consumida, los hidratos de carbono, las proteínas, los lípidos, la fibra, el colesterol, y determinadas vitaminas y minerales, de las nadadoras objeto de estudio.
- Establecer, a partir de las diferentes valoraciones realizadas, las correspondientes pautas y/o recomendaciones nutricionales e hídricas para las nadadoras objeto de estudio.

#### **2.2.2.2 VALORACIÓN SOMÁTICA**

- Caracterizar el perfil antropométrico de las nadadoras objeto de estudio.

### 2.2.2.3 VALORACIÓN HEMATOLÓGICA Y BIOQUÍMICA

- Caracterizar el perfil hematológico y bioquímico de las nadadoras del equipo nacional júnior español de natación sincronizada.

### 2.2.2.4 VALORACIÓN BIOELÉCTRICA

- Caracterizar el perfil bioeléctrico de las nadadoras objeto de estudio.
- Caracterizar el comportamiento del vector de bioimpedancia pre-post sesión de entrenamiento para cada una de las categorías analizadas (infantil y júnior).

### 2.2.2.5 VALORACIÓN HÍDRICA

- Caracterizar el estado de hidratación de las nadadoras objeto de estudio.
- Caracterizar el comportamiento de los compartimentos hídricos (agua corporal total, extracelular e intracelular) pre-post sesión de entrenamiento para cada una de las categorías analizadas (infantil y júnior).

### **3 MATERIAL Y MÉTODOS**

### 3.1 Sujetos

Participaron voluntariamente en el estudio 49 nadadoras de natación sincronizada, divididas en dos categorías: categoría infantil (n=34) y categoría júnior (n=15). Sus principales características se detallan en la Tabla 3.1.

Se establecieron los siguientes criterios de inclusión: 1) en el caso de la categoría infantil, haber participado en el XIII Campeonato de España (temporada 2011 – 12) siendo miembro integrante de los clubes que obtuvieron pódium en la modalidad de combinado (1º CN Granollers A; 2º CN Kallípolis; 3º CN Granollers B), o bien haberse clasificado individualmente entre las 20 mejores en la modalidad de figuras; 2) en el caso de la categoría júnior, pertenecer o haber sido preseleccionada a lo largo de las dos últimas temporadas en el equipo nacional español.

Se establecieron los siguientes criterios de exclusión: 1) en el caso de la categoría infantil, ser premenárquica; 2) en ambas categorías, siguiendo recomendaciones internacionales para todos aquellos estudios que incluyan análisis bioeléctrico, encontrarse en un estado del ciclo hormonal premenstrual a partir de la fase lútea: del día 15 al 28 (Gleichauf & Roe, 1989; Mitchell et al., 1993; Mckee & Cameron, 1997); 3) tomar anticonceptivos y/o reguladores farmacológicos del ciclo menstrual (Lusseveld et al., 1993).

Tabla 3.1. Características generales de las nadadoras objeto de estudio.

	Total (n = 49)	Infantil (n = 34)	Júnior (n = 15)
Edad (años)	14,6 ± 1,4	13,9 ± 0,9	16,7 ± 0,9
Volumen (h/semana)	19,6 ± 7,6	15,0 ± 2,7	30,0 ± 3,8
Experiencia (años)	6,9 ± 1,8	5,9 ± 1,1	9,1 ± 1,0

Valores representados como promedio ± desviación estándar.

## 3.2 Métodos

### 3.2.1 TIPOS DE VALORACIÓN

El conjunto de variables analizadas en el presente estudio (n=108) se agrupan en las siguientes categorías de valoración:

- a. **Valoración nutricional.** Se realiza un registro alimentario de 24 horas durante 7 días extrayendo las siguientes variables (Tabla 3.2): a) balance energético (n=2): ingesta y necesidades; b) macronutrientes (n=12): hidratos de carbono – simples y complejos –; proteínas – vegetal y animal –; grasas – monoinsaturadas, polinsaturadas, saturadas –; fibra; colesterol); c) micronutrientes (n=19): determinadas vitaminas y minerales.
- b. **Valoración somática.** Se estudian variables en relación a (Tabla 3.3): dimensiones corporales (n=2), pliegues cutáneos (n=8), diámetros (n=3), perímetros corporales (n=4), composición corporal (n=8), somatotipo (n=5), proporcionalidad (n=1).
- c. **Valoración hematológica y bioquímica.** Se realiza un hemograma completo que incluye (Tabla 3.4): parámetros de la serie roja (n=6), serie blanca o fórmula leucocitaria (n=7), serie plaquetaria (n=1) y eritrosedimentación (n=1). Se realiza un análisis de determinados parámetros bioquímicos vinculados al metabolismo del hierro (n=3), glucemia (n=1), función renal (n=3), función muscular (n=2), función hepática y vías biliares (n=4), colesterol y triglicéridos (n=4).
- d. **Valoración bioeléctrica.** Se realiza el análisis del vector de bioimpedancia en base a los valores directos de resistencia y reactancia (n=2), corregidos por la talla (n=2), el módulo de bioimpedancia (n=1) y el ángulo fase (n=1).

e. **Valoración hídrica.** Se analizan los valores de los distintos compartimientos hídricos del organismo en valores absolutos y porcentuales (n=6): agua corporal total (ACT); agua corporal intracelular (AIC); agua corporal extracelular (AEC).

### **3.2.2 INSTRUMENTOS Y MÉTODOS DE VALORACIÓN**

En este apartado se describen las diferentes pruebas realizadas, sus objetivos y protocolos. Todo ello, en relación a cada una de las valoraciones realizadas.

#### **3.2.2.1 VALORACIÓN NUTRICIONAL**

Se distribuyó un registro de 24h durante 7 días (Anexo 9.1), anotando el tipo y la cantidad de comida y bebida ingerida durante el día (desayuno, media mañana, comida, merienda, cena, recena, y entre horas). Se adjuntó un documento donde se mostraban fotografías de los principales alimentos consumidos así como su proporción en medidas caseras (Russolillo & Marques, 2010). Todas las nadadoras fueron informadas previamente para la correcta realización del registro. Se anotó, en caso necesario, la ingesta de medicamentos y/o suplementos nutricionales. Cada alimento registrado por las deportistas fue revisado y, en caso de duda, ambigüedad u omisión de datos necesarios para el análisis, resuelto de forma individual con cada nadadora. Los valores promedio de cada una de las variables objeto de estudio fueron calculados individualmente por el programa de cálculo nutricional CESNID 1.0<sup>®</sup> (CESNID, 2003) que conforma la base de datos nutricional utilizada por la Universidad de Barcelona y el actual “*Campus de l’Alimentació de Torribera*”, así como la propia Fundación Privada CESNID (“*Centre d’Ensenyament de Nutrició Humana i Dietètica*”).

Las variables analizadas fueron las siguientes:

- **Balance energético (n=2):** por una parte, se estimó la ingesta calórica total, consumida diariamente, por cada nadadora. Por otra parte, se estimó el gasto energético mediante la fórmula de Harris-Benedict (Harris & Benedict, 1919) con un factor de actividad de 1,3 a los que se les sumó el gasto energético correspondiente a la natación sincronizada, calculado mediante el compendio de actividades físicas en su propuesta más actualizada hasta la fecha (Ainsworth, 2011).
- **Macronutrientes (n=12):** se calculó la ingesta total de hidratos de carbono, estableciendo porcentualmente la aportación a ésta de hidratos de carbono simples y complejos. Se calculó la ingesta total de proteínas, estableciendo porcentualmente la aportación a ésta de proteínas de origen animal y vegetal. Se calculó la ingesta total de grasas, estableciendo porcentualmente la aportación a ésta de las grasas monoinsaturadas, polinsaturadas y saturadas. Finalmente, se calculó la aportación de fibra y colesterol a la dieta de las nadadoras.
- **Micronutrientes (n=13):** se calculó la ingesta de las siguientes vitaminas: C, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>9</sub>, B<sub>12</sub>. Se calculó la ingesta de los siguientes minerales: calcio (Ca), hierro (Fe), zinc (Zn), sodio (Na), potasio (K), magnesio (Mg).

El registro alimentario utilizado se realizó siguiendo las recomendaciones prescritas sobre validez y fiabilidad para este tipo de instrumentos (Martín-Baena et al., 1993; Serra-Majem et al., 1994; Mataix, 2002). Con el objetivo de valorar ambos parámetros (validez y fiabilidad inter e intrasujeto), se procedió según los siguientes parámetros: a) se estandarizaron cuatro tipos diferentes de desayunos, comidas y cenas; b) se seleccionaron 12 nadadoras (6 infantiles y 6 júniores) del Centro de Tecnificación Deportiva de Esplugues de Llobregat; c) se les explicó, individualmente, el

procedimiento para cumplimentar el registro alimentario; d) a lo largo de todo un día, se monitorizó el desayuno, la comida y la cena de dichas nadadoras, a las que se les distribuyó de manera aleatoria uno de los cuatro diferentes tipos de desayuno, comida y cena; e) se indicó a las nadadoras que, a lo largo del día, cumplimentaran dicho registro alimentario; f) treinta días posteriores al primer día de registro, se volvió a proceder de la misma manera, asignando el mismo tipo de desayuno, comida y cena que el primer día, a cada nadadora; g) las nadadoras volvieron a cumplimentar este segundo registro alimentario.

Para valorar la validez del registro se comprobó el grado de concordancia entre los tipos y porciones de alimentos conocidos por la investigadora de cada uno de los cuatro desayunos, comidas y cenas (valores de referencia), y los informados por cada nadadora, tanto en el primer como en el segundo registro. Para valorar la fiabilidad intrasujeto se valoró el grado de concordancia entre lo registrado por cada nadadora, individualmente, entre el primer y el segundo registro. Para valorar la fiabilidad intersujeto se valoró el grado de concordancia entre lo registrado por cada integrante de cada grupo de tres nadadoras que tomaron uno de los cuatro desayunos, comidas y cenas tipificados (estandarizados). Los resultados obtenidos sobre validez (apartado 4.1.1) y nivel de fiabilidad inter e intrasujeto del registro alimentario (apartado 4.1.2), se muestran en sus respectivos apartados.

### 3.2.2.2 VALORACIÓN SOMÁTICA

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). Todas las

mediciones fueron realizadas por una única investigadora, en este caso, la propia autora, antropometrista acreditada con el Nivel 2 de la ISAK. Las variables analizadas fueron las siguientes:

- ***Dimensiones corporales (n=2)***: talla, peso.
- ***Pliegues (n=7)***: tricipital, subescapular, bicipital, supraespinal, abdominal, muslo anterior y pierna medial.
- ***Diámetros (n=3)***: biepicondíleo de húmero, biestiloideo y bicondíleo de fémur.
- ***Perímetros (n=3)***: brazo contraído, muslo y pierna.
- ***Composición corporal (n=8)***: sumatorio de 6 pliegues, masa grasa y masa libre de grasa (Withers et al., 1987), masa muscular (Poortmans et al., 2005), ósea (Rocha, 1975) y residual (Würch, 1974). Áreas musculares de brazo y muslo (Rolland-Cachera et al., 1997).
- ***Somatotipo (n=5)***: endomorfismo (I), mesomorfismo (II), ectomorfismo (III), y su expresión bidimensional (X e Y) en la somatocarta (Carter, 1975).
- ***Proporcionalidad (n=1)***: índice de masa corporal.

### 3.2.2.3 VALORACIÓN HEMATOLÓGICA Y BIOQUÍMICA

Las muestras de sangre fueron tomadas y analizadas en el laboratorio de análisis clínicos “Laboratorio Médico CV SL” según normativa UNE-EN ISO 15189 de laboratorios clínicos. Dicho laboratorio estaba acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), bajo las normas y directrices indicadas en el Reglamento 765/2008 de la Comunidad Europea, reguladas en nuestro ordenamiento jurídico por la

Ley 21/1992 de 16 de julio, y en el Real Decreto 2200/1995 de 25 de diciembre, sobre el Reglamento de Infraestructura para la Calidad y la Seguridad Industrial.

Se realizó un hemograma completo que incluyó parámetros de la serie roja, serie blanca (fórmula leucocitaria), serie plaquetaria (recuento plaquetario) y de eritrosedimentación. Se realizó un análisis de determinados parámetros bioquímicos vinculados al metabolismo del hierro, glucemia, función renal, función muscular, función hepática y vías biliares, colesterol y triglicéridos. Las variables analizadas fueron los siguientes:

- ***Serie roja (n=6)***: eritrocitos, hemoglobina, hematocrito, VCM, HCM, CHCM.
- ***Serie blanca (n=7)***: leucocitos, neutrófilos (segmentados y no segmentados), linfocitos, monocitos, eosinófilos, basófilos.
- ***Serie plaquetaria (n=1)***: plaquetas.
- ***Eritrosedimentación (n=1)***: velocidad de sedimentación globular.
- ***Metabolismo del hierro (n=3)***: ferritina, transferrina, sideremia.
- ***Glucemia (n=1)***: glucosa.
- ***Función renal (n=3)***: urea, ácido úrico, creatinina.
- ***Función muscular (n=2)***: CPK y LDH.
- ***Función hepática y vías biliares (n=4)***: bilirrubina, transaminasas (GOT y GPT), fosfatasa alcalinas.
- ***Colesterol y triglicéridos (n=4)***: colesterol total, LDL, HDL, triglicéridos.

#### 3.2.2.4 VALORACIÓN BIOELÉCTRICA

Se siguieron las normas y técnicas de medida recomendadas en la “*National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement*” (NIH, 1996): a) posición del cuerpo durante un mínimo de 10 minutos en una camilla en posición supina con los

brazos y las piernas sin tocar el cuerpo ni ningún objeto conductor (Kushner, 1992; Kushner et al, 1996); b) condiciones atmosféricas controladas del lugar de medición:  $25,0 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$  de temperatura y un  $45,0 \pm 5,0\%$  de humedad relativa (Lukaski & Piccoli, 2012); c) control de la temperatura corporal y de la piel pre ( $T_{\text{corporal}}$ :  $36,8 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ ;  $T_{\text{piel}}$ :  $29,2 \pm 1,1^{\circ}\text{C}$ ) y post ( $T_{\text{corporal}}$ :  $37,2 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ ;  $T_{\text{piel}}$ :  $29,6 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ ) ejercicio, ya que puede llegar a modificar entorno al 11,0% los valores de bioimpedancia (Caton et al., 1988); d) con el fin de inducir el estado de euhidratación necesaria antes de la impedancia bioeléctrica (Cheuvront et al., 2010), el día antes de la investigación, se indicó a las nadadoras sobre la necesidad de abstenerse de la cafeína y el alcohol (Fortes et al., 2012), y realizar una dieta equilibrada siguiendo las recomendaciones generales indicadas por la propia investigadora, con abundante aporte líquido repartido a lo largo de todo el día (Armstrong, 2007). Desde las 22.00 h hasta el inicio de la valoración bioeléctrica (8:00 h del día siguiente), no ingirieron ningún líquido o alimento (Cheuvront et al., 2010); e) la medida bioeléctrica pre-sesión de entrenamiento, fue registrada por la mañana, en ayunas después de orinar y defecar (Rush et al., 2006); f) la ingesta de agua durante la sesión de entrenamiento fue monitorizada y anotados sus resultados (apartado 4.2.3), siendo instruidas las nadadoras para procurar beber una cantidad similar de agua en la mitad y al final de la sesión; g) colocación estandarizada de los electrodos: el electrodo proximal del brazo (sensor) se coloca en la superficie dorsal de la muñeca derecha y entre el cúbito y el radio. El electrodo proximal de la pierna se coloca sobre la superficie anterior del tobillo derecho entre las porciones prominentes de los huesos. Los electrodos distales (fuente o inyector) se sitúan en la superficie dorsal de la tercera falange proximal de la mano y pie derechos. Dada la naturaleza de la valoración pre-post ejercicio, y asumiendo que diferentes distancias entre los electrodos proximales-distales podrían generar una interacción entre los

campos eléctricos dando lugar a una sobreestimación de los valores de impedancia, se estandarizó una medida tipificada de 5 cm entre éstos (Gartner et al., 1992). Todas las mediciones fueron realizadas por una única investigadora, en este caso, la propia autora. Finalmente, con el objeto de poder establecer un adecuado análisis de la señal bioeléctrica, se controló el nivel de carga de cada sesión de entrenamiento mediante la monitorización de la percepción subjetiva del esfuerzo. En base la escala de Borg de 10 puntos (Borg et al., 1987), las características básicas de dichas sesiones, fueron: categoría infantil:  $6,4 \pm 0,5$ ; categoría júnior:  $6,8 \pm 0,6$ .

Se realizó un análisis del vector de bioimpedancia (BIVA). Este método fue desarrollado en el ámbito clínico por Antonio Piccoli (Piccoli et al., 1994). Actualmente, está aceptado como método válido, fiable, no invasivo e inocuo, de análisis de la composición corporal y, específicamente, de la evaluación de la hidratación de los tejidos blandos (Lukaski, 2009). La gran ventaja de este método es que no se ve afectado por los ajustes de regresión para estimar la composición corporal, la geometría del cuerpo, o el estado de hidratación (Piccoli et al., 1994). El método BIVA se basa en el análisis monofrecuencia (50 kHz) de los valores directos (valores raíz) de bioimpedancia ( $R$  = resistencia;  $X_c$  = reactancia), corregidos por la talla ( $h$ ) y que conforman el módulo BIA:  $Z = \sqrt{(R^2 + X_c^2)}$ . En base a  $R/h$  y  $X_c/h$ , y sus valores de correlación, se genera un vector bivariado que se expresa en un gráfico probabilístico. La longitud, el desplazamiento y el ángulo fase del vector (PA) proporcionan información sobre el estado de hidratación, la masa celular corporal y la propia integridad de ésta (Figura 3.1): la reducción de la longitud del vector vendrá condicionada por una disminución de  $R$ , es decir, por una sobrecarga de la solución electrolítica (agua corporal). El aumento del vector (incremento de  $R$ ) significará cierta tendencia al exsiccosis o a un estado de deshidratación. La migración lateral del vector

indicará una disminución (desplazamiento hacia la izquierda) o un aumento (desplazamiento hacia la derecha) de la masa dieléctrica (membranas y las interfaces de tejido) de los tejidos blandos ( $X_c$ ).

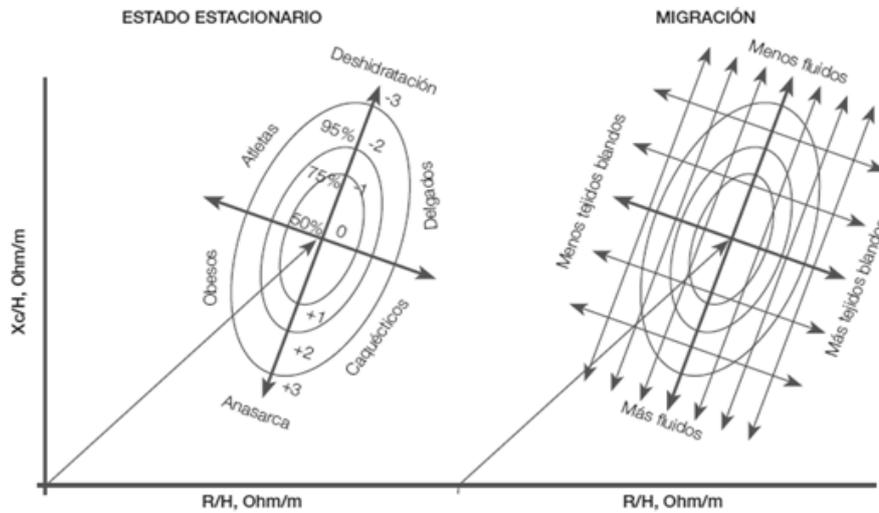


Figura 3.1. Modelo de análisis e interpretación conceptual de los patrones de comportamiento del vector de bioimpedancia para uso clínico (Piccoli et al., 1994).

Finalmente, el ángulo fase (PA) del vector de bioimpedancia ( $Z$ ) resultará a partir del cálculo del arcotangente:  $[(X_c / R) \cdot 180^\circ / \pi]$ . Como se intuye a partir de su formulación, los valores de PA quedarán altamente condicionados por el propio comportamiento de  $X_c$ . El PA es un indicador válido para expresar la cantidad y la calidad de tejidos blandos (Norman et al., 2012) así como de la propia salud celular (Mattar, 1996; Zdolsek et al, 2000): valores elevados de PA indican un mayor número de células, una mayor integridad de sus membranas y, en definitiva, una mejor función celular. En sujetos sanos el PA oscila entre  $5,0^\circ$  y  $7,0^\circ$  (Bosy-Westphal et al., 2006), llegando a valores de  $9,5^\circ$  o superiores en el caso de algunos deportistas (Torres et al., 2008).

Las variables analizadas fueron las siguientes:

- **Resistencia (n=2)**: en sus valores absolutos (R) y corregidos por la talla (R/h).
- **Reactancia (n=2)**: en sus valores absolutos (Xc) y corregidos por la talla (Xc/h).
- **Módulo de bioimpedancia (n=1)**: determinado en base a  $Z = \sqrt{R^2 + Xc^2}$ .
- **Ángulo Fase (n=1)**: determinado a partir del arcotangente de Z:  $PA = [(Xc/R) \cdot 180^\circ/\pi]$ .

### 3.2.2.5 VALORACIÓN HÍDRICA

Los diferentes compartimentos de agua corporal fueron estimados en base a un análisis de bioimpedancia multifrecuencia (Anderson et al., 2012) con idéntico protocolo, normas y técnicas de medida, utilizadas para el análisis monofrecuencia BIVA, y citadas en el anterior apartado sobre la valoración bioeléctrica (NIH, 1996). Las ecuaciones utilizadas para el cálculo del agua corporal total (ACT), el agua corporal extracelular (AEC), y el agua corporal intracelular (AIC), fueron las recomendadas por el propio fabricante del aparato de bioimpedancia, ajustadas a un perfil de deportista femenina (Z-Metrix<sup>®</sup>, BioparHom, Bourget du lac Cedex, France). Las variables analizadas fueron las siguientes:

- **Agua Corporal Total (n=2)**: totalidad del agua contenida en el cuerpo, incluida el agua intra y extracelular, en valores absolutos (L) y porcentuales (%).
- **Agua Intracelular (n=2)**: agua contenida dentro de la célula (L y %).
- **Agua Extracelular (n=2)**: agua contenida en el plasma de la sangre – intravascular –, y en el líquido intersticial – extravascular – (L y %).

### 3.2.3 MATERIAL

#### 3.2.3.1 VALORACIÓN NUTRICIONAL

- ***Registro alimentario (24h/7d)***

Se distribuyó un documento a modo de registro alimentario (24 horas durante 7 días) siguiendo las recomendaciones prescritas para la correcta elaboración de este tipo de instrumentos de valoración nutricional (Martín-Baena et al., 1993; Serra Majem et al., 1994; Mataix, 2002).

- ***Programa informático del CESNID 1.0<sup>®</sup>***

Programa de cálculo nutricional CESNID 1.0<sup>®</sup> (CESNID, 2003) que conforma la base de datos nutricional utilizada por la Universidad de Barcelona y el actual “*Campus de l’Alimentació de Torribera*”, así como la propia Fundación Privada CESNID (“*Centre d’Ensenyament de Nutrició Humana i Dietètica*”). Utilizado para promediar los valores individuales de cada una de las variables susceptibles de ser analizadas en esta valoración (Tabla 3.2).

#### 3.2.3.2 VALORACIÓN SOMÁTICA

- ***Antropómetro***

Instrumento calibrado de precisión (Holtain<sup>®</sup> 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<sup>®</sup> 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<sup>®</sup> w606pm, Lufkin, USA). Rango de medición 0 – 200 cm, precisión: 0,1 cm). Utilizado para establecer determinados puntos anatómicos y medir los perímetros corporales.

- ***Paquímetro o pie de rey***

Instrumento calibrado de precisión (Holtain<sup>®</sup> Ltd., Crosswell, UK). Rango de medición 0 – 250 mm, precisión 1 mm. Utilizado para medir los diámetros biepicondíleo de húmero, biestiloideo, bicondíleo de fémur.

- ***Plicómetro o compás de pliegues cutáneos***

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

### 3.2.3.3 VALORACIÓN HEMATOLÓGICA Y BIOQUÍMICA

El material utilizado para la obtención y análisis de las variables hematológicas y bioquímicas fue dispuesto por el *Laboratorio Médico CV SL*, tal y como se ha justificado (apartado 3.2.2.3), según normativa UNE-EN ISO 15189.

### 3.2.3.4 VALORACIÓN BIOELÉCTRICA

- ***Analizador BIA***

Bioimpedanciómetro multifrecuencia tetrapolar BioparHom Z-Metrix<sup>®</sup> (*Bourget du lac Cedex*, Francia), previamente calibrado, que emite una corriente sinusoidal alterna de 77μA operando en siete frecuencias (1, 5, 50, 150, 200, 250, 325 kHz). Utilizado para determinar, en Ohmios (Ω), la resistencia (R) y la reactancia (Xc) a 50 kHz, medida

necesaria para establecer el análisis del vector de bioimpedancia (BIVA) según estándares internacionales (Piccoli, 2010).

- ***Electrodos***

Electrodos Red Dot™ 2660-5, 3M Corporate Headquarters (*St. Paul, Minnesota, USA*). Electrodo de baja impedancia recomendados por el fabricante del bioimpedanciómetro (BioparHom Z-Metrix®). Dispuestos en dos pares por cada sujeto (electrodo inyector y electrodo eyector o sensor) según la técnica previamente descrita (apartado 3.2.2.4), fueron utilizados para transmitir, bajo criterios de fiabilidad y validez, la señal bioeléctrica entre el analizador BIA y el cuerpo de las nadadoras.

- ***Termistores***

Termistores conectados a una interface registradora de datos (Squirrel 2010®, Grant Instruments Ltd, Cambridge, UK), aplicados a: 1) zona cutánea correspondiente al punto medio entre cada par de electrodos; 2) zona timpánica. Se utilizaron para controlar la variable temperatura en las medidas pre y post de bioimpedancia, de la piel y el cuerpo, respectivamente.

- ***Programa informático BIVA Software®***

Programa informático de libre acceso desarrollado por el *Departamento de Ciencias Médicas y Quirúrgicas* de la Universidad de Padua, Italia (Piccoli & Pastori, 2002). Accesible mediante: apiccoli@unipd.it.

- ***Escala de Borg (ratio de percepción del esfuerzo)***

La escala CR-10 de Borg (Borg et al., 1987) fue utilizada para categorizar, de manera individual por cada nadadora, la percepción subjetiva del esfuerzo de cada sesión de entrenamiento. Su distribución se utilizó para poseer un indicador de carga interna del

entrenamiento (Foster et al., 1996), y así controlar de manera homogénea la intensidad de la sesión.

### 3.2.3.5 VALORACIÓN HÍDRICA

Se utilizó idéntico material que en la valoración bioeléctrica pero aplicando las propiedades multifrecuencia del bioimpedanciómetro (BioparHom Z-Metrix<sup>®</sup>) para estimar los diferentes compartimentos de agua corporal (agua corporal total, agua intracelular, agua extracelular).

### 3.2.4 INSTALACIONES

Debido a las características del estudio basado en el establecimiento de 5 valoraciones (valoración nutricional, somática, hematológica y bioquímica, bioeléctrica, hídrica), distintas fueron las instalaciones utilizadas para la consecución del presente estudio: la valoración nutricional, establecida mediante registro alimentario de 24 horas durante 7 días, no comportó ningún tipo de instalación; las valoraciones somática, bioeléctrica e hídrica, se realizaron en las instalaciones de los respectivos clubes de las nadadoras y en el Centro de Tecnificación Deportiva de Esplugues de Llobregat (Área de Medicina del Deporte), cumpliendo con los criterios que a este respecto tipifica la ISAK (Ross & Marfell-Jones, 1982) y la NIH (NIH, 1996) para el control de la medida antropométrica y bioeléctrica, respectivamente; la valoración hematológica y bioquímica fue realizada en el laboratorio de análisis clínicos “*Laboratorio Médico CV SL*”.

## 3.2.5 PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE DATOS

### 3.2.5.1 PERSONAL INVESTIGADOR

Tal y como se ha anotado en el apartado correspondiente (apartado 2.1), el presente estudio conforma parte de un proyecto macro de investigación titulado “*Caracterización estructural y bioenergética de la natación sincronizada*”, proyecto competitivo financiado tanto a nivel autonómico (Instituto Catalán de las Mujeres, Generalitat de Catalunya, referencia de concesión: U-34/10), como nacional (Consejo Superior de Deportes, Gobierno de España, referencia de concesión: 001/UPB10/11) durante los años 2010 y 2011.

Pese a que la totalidad del grupo central de investigación fue conformado por 7 investigadores, 2 fueron los que se encargaron específicamente del diseño y consecuente procedimiento para la obtención de datos del presente estudio. Las funciones desempeñadas por ambos, dentro del proyecto macro, fueron: a) dar a conocer los objetivos específicos sobre la valoración nutricional de las nadadoras a la Real Federación Española de Natación (RFEN), a las federaciones autonómicas (en este caso, a la catalana – FCN – y a la madrileña – FMN –), a los clubes implicados (CN Granollers, CN Kallípolis, AD Sincronizada Retiro), a los responsables del Centro de Tecnificación Deportiva de Esplugues de Llobregat (Área de Medicina Deportiva), a los padres y madres de las nadadoras, así como a éstas mismas; b) planificar y gestionar la logística de necesidad de instalaciones y material, y puesta en marcha del estudio (recogida de datos); c) temporización de las pruebas correspondientes a cada una de las valoraciones efectuadas; y d) construcción de la base de datos (Microsoft Excel®). Todas las mediciones a excepción de las analíticas de sangre que fueron obtenidas por personal facultativo del *Laboratorio Médico CV SL* (valoración nutricional, somática,

bioeléctrica e hídrica), fueron tomadas por un único investigador, en este caso la autora de la presente tesis. El segundo investigador desarrolló exclusivamente el rol de soporte y/o asistente.

### 3.2.5.2 TEMPORIZACIÓN (PRÁXIS DE ACTUACIÓN)

El presente estudio fue llevado a cabo dos semanas antes del Campeonato de España de Natación Sincronizada del año 2011, dentro de un mesociclo precompetitivo compuesto por cuatro semanas.

La información sobre el estudio, el consecuente permiso de consentimiento informado, y el registro alimentario, fueron entregados a cada entrenadora responsable de grupo cuatro semanas antes del Campeonato de España, con instrucciones para que las nadadoras, en caso de querer participar y previa firma de consentimiento de sus padres, cumplimentaran el registro alimentario durante la penúltima semana previa a la competición. Dos semanas antes de ésta, los investigadores se desplazaron a los respectivos centros de entrenamiento de las nadadoras para realizar las valoraciones somática, bioeléctrica e hídrica. La primera de éstas (valoración somática) se realizó en horario de tarde, entre las 17:30h y las 19:30h, en un día sin entrenamiento programado.

En relación a las valoraciones bioeléctrica e hídrica, con el fin de estandarizar al máximo las condiciones de aplicación, y así minimizar la aparición de eventuales variables extrañas o factores de confusión asociados al diseño del estudio, se procedió de la siguiente forma en todos los casos: 1) de 7:00h a 08:00h am, después de levantarse e ir al servicio, las chicas acudieron a sus respectivos centros de entrenamiento sin desayunar ni ingerir ningún tipo de bebida. De manera previa a la medida de bioimpedancia (pre-test BIA), cada una de ellas se dispuso extendida en posición supina un mínimo de 10 minutos y se le monitorizó la temperatura cutánea y corporal; 2) de

08:00h a 09:00h am, todas tomaron un desayuno estandarizado consistente en 1 bol de leche semidesnatada, 70 g de cereales de desayuno, 1 plátano; 3) 10 minutos justo antes del inicio de la sesión, se les monitorizó el peso corporal; 4) de 10:00h a 12:30h pm (nadadoras de categoría infantil), y de 10:00h a 13:30h pm (nadadoras de categoría júnior), cada grupo realizó una sesión de entrenamiento ajustada a sus rutinas competitivas y homogeneizada en base a una misma intensidad monitorizada mediante el ratio de esfuerzo percibido (RPE) al final de ésta; 5) se monitorizó la ingesta de líquidos (exclusivamente agua) durante la sesión de entrenamiento, indicando a las nadadoras que procuraran beber de forma repartida entre la mitad y el final de cada sesión; 6) una vez finalizada la sesión de entrenamiento, sin ingerir ningún tipo de alimento o líquido, se invitó a las nadadoras que tomaran una ducha de 10-15 minutos con el agua el máximo fría que ellas pudieran tolerar normalmente; 7) posteriormente, entre las 13:30h – 14:30h pm (infantiles) y entre las 14:30h – 15:30h (júniors) se les pesó e indicó que se tumbaran durante 10-15 minutos, monitorizando nuevamente la temperatura cutánea y corporal, y procediendo a la medida de bioimpedancia una vez estabilizados los valores de temperatura (post-test BIA).

Finalmente, la valoración hematológica y bioquímica fue realizada en exclusiva a las nadadoras júnior, principalmente por entrenar éstas en régimen de concentración permanente en el Centro de Tecnificación Deportiva de Esplugues de Llobregat, y contar con la colaboración del Área de Medicina Deportiva. Las analíticas se realizaron dos semanas antes del Campeonato de España, un lunes a primera hora de la mañana, en condiciones de ayuno.

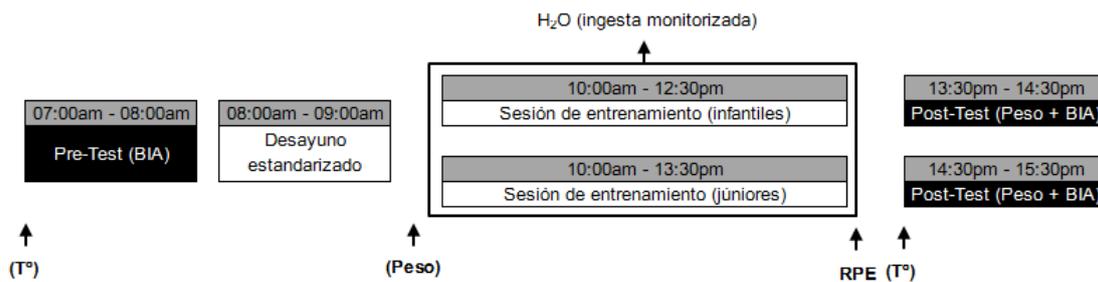


Figura 3.2. Esquema gráfico sobre el protocolo de realización para el registro de la medida BIA pre-post sesión de entrenamiento.  $T^\circ$ : temperatura; RPE: percepción subjetiva del esfuerzo.

### 3.2.5.3 CONSENTIMIENTO INFORMADO

Las nadadoras, y/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 9.2).

### 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 9.3), 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 (Rodríguez & Aragonés, 1992): a) el control médico y deportivo; b) el diagnóstico funcional; c) el control y la optimización del rendimiento; d) las pruebas fisiológicas; e) el pronóstico del rendimiento. El estudio es de tipo descriptivo, transversal, y utiliza un método observacional sistematizado (Anguera, 1985).

Las variables independientes del presente estudio son todas las variables observadas en cada una de las valoraciones realizadas: 1) valoración nutricional; 2) valoración somática; 3) valoración hematológica y bioquímica; 4) valoración bioeléctrica; 5) valoración hídrica.

El criterio metodológico también considera las variables extrañas, definidas como aquellas que pueden condicionar los resultados y que necesitan instrumentos de control. En relación al presente estudio, su origen puede radicar en: a) *el/la observador/a*: todas las valoraciones, a excepción de la hematológica, las llevó a cabo una única observadora, quién siguió de forma escrupulosa las normas del protocolo de cada una de las pruebas; b) *el contexto observacional*: la presente investigación se configura como un estudio de campo que registra gran parte de los datos en los distintos clubes de las nadadoras objeto de estudio.

A este respecto, con el objetivo de minimizar posibles variables extrañas relacionadas con el diseño, se mantuvieron constantes, dentro de las limitaciones que

supone este tipo de estudios, las condiciones de protocolo (apartado 3.2.5), orden de las diferentes pruebas (apartado 3.2.5.2), calibración de los instrumentos de medición, etc.;

c) **los sujetos observados**: se estudió a gran parte de las mejores nadadoras nacionales (categoría infantil) e internacionales (categoría júnior) de natación sincronizada. Ello conlleva un espectro de edades entre los 12 y los 16-17 años, aproximadamente. En este sentido, se estableció como esencial mantener, en la medida de lo posible, niveles elevados de compromiso y motivación respecto al cumplimiento del protocolo de cada una de las valoraciones, especialmente en la correcta realización del registro alimentario y en las medidas de control de la medida de bioimpedancia (condiciones de ayuno previas a la medida pre-sesión, posteriormente ingesta completa del desayuno estandarizado, control de la ingesta de agua durante la sesión de entrenamiento, toma de ducha fría y descanso de las nadadoras en ausencia de cualquier tipo de ingesta hasta la última medida post-sesión).

### 3.3.1.1 VALORACIÓN NUTRICIONAL

La valoración nutricional se estructura en 3 bloques de contenido según la estimación del balance energético, los macronutrientes y los micronutrientes (Tabla 3.2).

### 3.3.1.2 VALORACIÓN SOMÁTICA

La valoración somática se estructura en siete bloques de contenido según las dimensiones corporales, los pliegues cutáneos, los diámetros corporales, los perímetros corporales, la composición corporal, el somatotipo, la proporcionalidad (Tabla 3.3).

Tabla 3.2. Variables de estudio de la valoración nutricional.

Valoración	VARIABLES (n=33)	Tipo	Unidades	Factor	
Balance energético (n=2)	Ingesta calórica	CC	kcal/día	Ingesta diaria de energía total consumida	
	Gasto energético	CC	kcal/día	Necesidad diaria de energía	
Macronutrientes (n=12)	HC	CC	g/kg/día	Ingesta diaria total de HC	
			%	Proporción diaria total de HC	
	HC simples	CC	%	Proporción diaria total de HC simples	
	HC complejos	CC	%	Proporción diaria total de HC complejos	
	Proteínas	CC	g/kg/día	Ingesta diaria total de proteínas	
			%	Proporción diaria total de proteínas	
	Proteína de origen animal	CC	%	Proporción diaria total de proteína animal	
	Proteína de origen vegetal	CC	%	Proporción diaria total de proteína vegetal	
	Lípidos	CC	g/kg/día	Ingesta diaria total de lípidos	
			%	Proporción diaria total de lípidos	
	Grasas monoinsaturadas	CC	%	Proporción diaria total de grasas monoinsaturadas	
	Grasas poliinsaturadas	CC	%	Proporción diaria total de grasas poliinsaturadas	
	Grasas saturadas	CC	%	Proporción diaria total de grasas saturadas	
	Fibra	CC	g/día	Ingesta diaria total de fibra	
	Colesterol	CC	mg/día	Ingesta diaria total de colesterol	
	Micronutrientes (n=19)	Vitamina A	CC	µg/día	Ingesta diaria total de vitamina A
		Vitamina C	CC	mg/día	Ingesta diaria total de vitamina C
		Vitamina D	CC	µg/día	Ingesta diaria total de vitamina D
		Vitamina E	CC	mg/día	Ingesta diaria total de vitamina E
Vitamina K		CC	µg/día	Ingesta diaria total de vitamina K	
β-carotenoides		CC	mg/día	Ingesta diaria total de β-carotenoides	
Vitamina B <sub>1</sub>		CC	mg/día	Ingesta diaria total de vitamina B <sub>1</sub>	
Vitamina B <sub>2</sub>		CC	mg/día	Ingesta diaria total de vitamina B <sub>2</sub>	
Vitamina B <sub>3</sub>		CC	mg/día	Ingesta diaria total de vitamina B <sub>3</sub>	
Vitamina B <sub>6</sub>		CC	mg/día	Ingesta diaria total de vitamina B <sub>6</sub>	
Vitamina B <sub>9</sub>		CC	µg/día	Ingesta diaria total de vitamina B <sub>9</sub>	
Vitamina B <sub>12</sub>		CC	µg/día	Ingesta diaria total de vitamina B <sub>12</sub>	
Calcio (Ca)		CC	mg/día	Ingesta diaria total de calcio	
Hierro (Fe)		CC	mg/día	Ingesta diaria total de hierro	
Zinc (Zn)		CC	mg/día	Ingesta diaria total de zinc	
Sodio (Na)		CC	mg/día	Ingesta diaria total de sodio	
Potasio (K)		CC	mg/día	Ingesta diaria total de potasio	
Magnesio (Mg)	CC	mg/día	Ingesta diaria total de magnesio		
Selenio (Se)	CC	µg/día	Ingesta diaria total de selenio		

Tabla 3.3. Variables de estudio de la valoración somática.

Valoración	Variables (n=31)	Tipo	Unidades	Factor
Dimensiones corporales (n=2)	Talla	CC	cm	Longitud total del cuerpo
	Peso	CC	kg	Masa corporal
Pliegues cutáneos (n=8)	Tricipital	CC	mm	Grosor del pliegue tricipital
	Subescapular	CC	mm	Grosor del pliegue de la espalda
	Bicipital	CC	mm	Grosor del pliegue bicipital
	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
	Muslo anterior	CC	mm	Grosor del pliegue del muslo
	Pierna medial	CC	mm	Grosor del pliegue de la pierna (pantorrilla)
Diámetros corporales (n=3)	Biepicondíleo de húmero	CC	cm	Anchura de codo
	Biestiloideo	CC	cm	Anchura de muñeca
	Bicondíleo de fémur	CC	cm	Anchura de rodilla
Perímetros corporales (n=4)	Brazo relajado	CC	cm	Perímetro del brazo relajado
	Brazo contraído	CC	cm	Perímetro del brazo flexionado en tensión
	Muslo	CC	cm	Perímetro del muslo medial
	Pierna	CC	cm	Perímetro máximo de la pierna
Composición corporal (n=8)	$\Sigma$ 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 muscular del brazo	CC	cm <sup>2</sup>	Cantidad de tejido muscular en el brazo
Área muscular del muslo	CC	cm <sup>2</sup>	Cantidad de tejido muscular en el muslo	
Somatotipo (n=5)	Endomorfismo (I)	CC	--	Gordura relativa
	Mesomorfismo (II)	CC	--	Robustez musculoesquelética relativa
	Ectomorfismo (III)	CC	--	Linealidad relativa
	X	CC		Somatopunto bidimensional (X)
	Y	CC		Somatopunto bidimensional (Y)
Proporcionalidad (n=1)	Índice de masa corporal	CC	kg/m <sup>2</sup>	Relación peso / talla

CC = cuantitativa continua.

### 3.3.1.3 VALORACIÓN HEMATOLÓGICA Y BIOQUÍMICA

La valoración hematológica y bioquímica se estructura en diez bloques de contenido según las variables asociadas a la serie roja, serie blanca, serie plaquetaria, eritrosedimentación, metabolismo del hierro, glucemia, función renal, función muscular, función hepática y de vías biliares, colesterol y triglicéridos (Tabla 3.4).

Tabla 3.4. Variables hematológicas de la valoración hematológica y bioquímica.

Valoración	Variables (n=32)	Tipo	Unidades	Rango normalidad	Factor
Serie roja (n=6)	Eritrocitos	CC	(mill/mm <sup>3</sup> )	4 - 5	n° de eritrocitos (hematíes)
	Hemoglobina	CC	(g/dL)	12 - 16	Cantidad de hemoglobina
	Hematocrito	CC	(%)	39 - 48	% volumen compuesta por hematíes
	VCM	CC	(µm <sup>3</sup> )	80 - 105	Tamaño medio de los eritrocitos
	HCM	CC	(µµg)	22 - 35	Cantidad de hemoglobina por eritrocito
	CHCM	CC	(%)	30 - 37	% hemoglobina / volumen eritrocito
Serie blanca (n=7)	Leucocitos	CC	n/mm <sup>3</sup>	4000 - 11000	n° total de glóbulos blancos
	Neutrófilos "s"	CC	%	40 - 75	% de neutrófilos segmentados
	Neutrófilos "ns"	CC	%	0 - 5	% de neutrófilos no segmentados
	Linfocitos	CC	%	20 - 45	% de linfocitos
	Monocitos	CC	%	2 - 10	% de monocitos
	Eosinófilos	CC	%	0 - 6	% de eosinófilos
	Basófilos	CC	%	0 - 1	% de basófilos
Serie plaquetaria (n=1)	Plaquetas	CC	n/mm <sup>3</sup>	150.000 - 400.000	n° de plaquetas
Eristrosediment. (n=1)	VSG	CC	mm	1ª hora (1 - 11) 2ª hora (2 - 20)	Velocidad sedimentación eritrocitaria
Metabolismo del hierro (n=3)	Ferritina	CC	ng/mL	15 - 120	Cantidad de ferritina
	Transferrina	CC	mg/dL	200 - 360	Cantidad de transferrina
	Sideremia	CC	µg/dL	40 - 145	Cantidad de hierro sérico
Glucemia (n=1)	Glucosa	CC	mg/dL	70 - 110	Cantidad de glucosa
Función renal (n=3)	Urea	CC	mg/dL	15 - 48	Cantidad de urea
	Ácido úrico	CC	mg/dL	2,5 - 6,0	Cantidad de ácido úrico
	Creatinina	CC	mg/dL	0,5 - 1,0	Cantidad de creatinina
Función muscular (n=2)	CPK	CC	UI/L	24 - 170	Cantidad de CPK
	LDH	CC	UI/L	230 - 460	Cantidad de LDH
Función hepática y de vías biliares (n=4)	Bilirrubina	CC	mg/dL	0,2 - 1,2	Cantidad de bilirrubina
	GOT	CC	UI/L	9 - 31	Cantidad de GOT
	GPT	CC	UI/L	7 - 35	Cantidad de GPT
	Fosfata alcalina	CC	UI/L	80 - 279	Cantidad de fosfatas alcalinas
Colesterol y triglicéridos (n=4)	Colesterol total	CC	mg/dL	<200	Cantidad de colesterol total
	LDL	CC	mg/dL	100 - 129	Cantidad de LDL
	HDL	CC	mg/dL	50 - 59	Cantidad de HDL
	Triglicéridos	CC	mg/dL	<150	Cantidad de triglicéridos

CC = cuantitativa continua; VCM = volumen corpuscular medio; HCM = hemoglobina corpuscular media; CHCM = concentración de hemoglobina corpuscular media; VSG = velocidad de sedimentación globular; CPK = creatina-fosfoquinasa; LDH = lactato-deshidrogenasa; GOT = transaminasas glutámico oxalacéticas; GPT = transaminasas glutámico pirúvicas; LDL = lipoproteína de baja densidad; HDL = lipoproteína de alta densidad.

### 3.3.1.4 VALORACIÓN BIOELÉCTRICA

La valoración bioeléctrica se basa en el análisis del vector de bioimpedancia o “*Bioimpedance Vector Analysis*” (BIVA), siendo las variables que condicionan su comportamiento, la resistencia y la reactancia, los mismos parámetros corregidos por la talla, el módulo de bioimpedancia, y el ángulo fase (Tabla 3.5).

Tabla 3.5. Variables bioeléctricas de la valoración bioeléctrica.

Valoración	Variabes (n=6)	Tipo	Unidades	Factor
Bioeléctrica (n=6)	Resistencia	CC	( $\Omega$ )	Grado de resistencia
	Reactancia	CC	( $\Omega$ )	Grado de reactancia
	Resistencia / talla	CC	( $\Omega/m$ )	Grado de resistencia en relación a la talla
	Reactancia / talla	CC	( $\Omega/m$ )	Grado de reactancia en relación a la talla
	Módulo de bioimpedancia	CC	( $\Omega$ )	Grado de bioimpedancia
	Ángulo de fase	CC	( $^\circ$ )	Ángulo fase

CC = cuantitativa continua

### 3.3.1.5 VALORACIÓN HÍDRICA

La valoración hídrica se basa en el análisis de los diferentes compartimentos de agua corporal: agua corporal total, agua intracelular, agua extracelular (Tabla 3.6).

Tabla 3.6. Variables de hidratación de la valoración hídrica.

Valoración	Variabes (n=6)	Tipo	Unidades	Factor
Valoración hídrica (n=6)	Agua corporal total	CC	L	Cantidad de agua corporal total
			%	Porcentaje de agua corporal total en relación al peso corporal
	Agua intracelular	CC	L	Cantidad de agua intracelular
			%	Porcentaje de agua intracelular en relación al agua corporal total
	Agua extracelular	CC	L	Cantidad de agua extracelular
			%	Porcentaje de agua extracelular en relación al agua corporal total

CC = cuantitativa continua

### 3.3.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

A continuación se describen brevemente los procedimientos estadísticos utilizados.

#### 3.3.2.1 ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

La distribución de las distintas variables de estudio (n=108) se caracteriza mediante estadísticos descriptivos básicos: media aritmética, desviación típica, valores mínimo y máximo.

#### 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). 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 de la propia investigadora 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 FIABILIDAD ENTRE MEDICIONES

En aquellos casos en que el protocolo de la prueba exige más de una repetición (valoración antropométrica y valoración bioeléctrica), o bien cuando es necesario un análisis previo de validez y fiabilidad (valoración nutricional: registro alimentario), se han realizado las correspondientes pruebas estadísticas para su determinación. Así, cuando las variables son cualitativas, como por ejemplo en el caso de algunas variables del registro alimentario establecido (apartado 3.2.2.1), 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 ( $\rho$ ) 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).

### 3.3.2.6 PRUEBA T DE STUDENT

La prueba *t-student* se utiliza para comparar dos muestras independientes (prueba *t* de muestras independientes) o dos muestras relacionadas (prueba *t* de muestras relacionadas). En ambos casos deben asumirse los supuestos de normalidad de la distribución y homogeneidad de las varianzas (especialmente en el caso de ser muestras de diferente tamaño). En el presente estudio se utilizan ambos tipos de prueba *t*: 1) prueba *t* de muestras independientes para comparar, de cada una de las variables analizadas, posibles diferencias entre ambos grupos de nadadoras (categoría infantil vs categoría júnior); 2) prueba *t* de muestras relacionadas para valorar las diferencias pre y post sesión de entrenamiento de las valoraciones bioeléctrica e hídrica. Finalmente, en caso de que alguna variable no cumpla los supuestos de normalidad y homogeneidad, se utilizan las pruebas análogas no paramétricas, *Test de Wilcoxon* y *Test de Welch*, respectivamente.

### 3.3.2.7 PRUEBA $T^2$ DE HOTELLING

Prueba similar a la *t-student*, pero que al contrario que ésta, incorpora la posibilidad de establecer diferencias entre medias multivariadas de dos grupos. La prueba  $T^2$  de *Hotelling* también se configura como de medidas independientes (muestras no relacionadas) o dependientes (muestras relacionadas). En el presente estudio se ha utilizado para valorar las posibles diferencias entre el vector de bioimpedancia (conformado de por sí solo por dos variables: resistencia y reactancia) de ambos grupos

de nadadoras (prueba  $T^2$  de Hotelling de muestras independientes), y entre los valores cada grupo pre y post sesión de entrenamiento (prueba  $T^2$  de Hotelling de muestras dependientes).

### 3.3.2.8 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 el comportamiento del vector de bioimpedancia y aquellas variables susceptibles de modificarlo debido a las posibles adaptaciones inducidas por una sesión-tipo de entrenamiento para cada categoría de nadadoras analizada (apartado 3.2.5.2). Dicho análisis correlacional se realiza con los valores delta ( $\Delta$ ), es decir, transformando los valores pre-post, en porcentaje de cambio, expresado porcentualmente. 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.

## **4 RESULTADOS**

## 4.1 Valoración nutricional

La valoración nutricional consta de diferentes variables (n=33), agrupadas en tres bloques (apartado 3.3.1.1): balance energético (n=2); macronutrientes (n=12); micronutrientes (n=19). De forma previa a la distribución e interpretación de los resultados del registro alimentario (24 horas durante 7 días), se procedió a efectuar su análisis de validez (apartado 4.1.1) y fiabilidad inter e intrasujeto (apartado 4.1.2).

### 4.1.1 VALIDEZ DEL REGISTRO ALIMENTARIO

A continuación se muestran los resultados obtenidos a partir del análisis del grado de concordancia entre los diferentes tipos y porciones de alimentos impuestos a priori por la investigadora y distribuidos en cuatro tipos diferentes de desayunos, comidas y cenas (valores de referencia), y los informados por cada nadadora.

Tabla 4.1. Concordancia entre el tipo y porción de alimentos dispuestos en los desayunos, y los informados mediante el registro alimentario.

	Componente	Categoría Infantil (n=6)		Categoría Júnior (n=6)	
		Coefficiente de Kappa	Coefficiente Spearman *	Coefficiente de Kappa	Coefficiente Spearman *
Pan tostado	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	--	0,87	--	0,88
Leche	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	0,80	--	0,83	--
Chocolate en polvo	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	0,83	--	0,85	--
Fruta	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	0,81	--	0,85	--
Zumos de fruta	Tipo	0,75	--	0,82	--
	Porción	0,89	--	0,92	--
Jamón York	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	--	1,00	--	1,00
Desayuno Queso Fresco	Tipo	0,89	--	0,85	--
	Porción	--	1,00	--	1,00
Mermelada	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	0,83	--	0,85	--
Aceite de oliva	Tipo	0,92	--	0,90	--
	Porción	0,82	--	0,86	--
Café	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	0,85	--	0,84	--
Yogurt	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	--	1,00	--	1,00
Azúcar	Tipo	0,95	--	0,95	--
	Porción	0,93	--	0,81	--
Cereales (desayuno)	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	0,85	--	0,89	--
Galletas	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	--	0,93	--	1,00

\* p<0,0001

Tabla 4.2. Concordancia entre el tipo y porción de alimentos dispuestos a priori en las comidas y las cenas, y los informados mediante el registro alimentario.

Comida y Cena	Componente	Categoría Infantil (n=6)		Categoría Júnior (n=6)	
		Coefficiente de Kappa	Coefficiente Spearman *	Coefficiente de Kappa	Coefficiente Spearman *
		Pan	Tipo	0,80	--
	Porción	--	0,86	--	1,00
Patatas	Tipo	0,85	--	0,85	--
	Porción	0,80	--	0,84	--
Pasta	Tipo	0,95	--	1,00	--
	Porción	0,80	--	0,84	--
Arroz	Tipo	0,98	--	1,00	--
	Porción	0,83	--	0,88	--
Legumbres	Tipo	0,98	--	1,00	--
	Porción	0,80	--	0,83	--
Huevo	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	--	0,85	--	1,00
Carne roja	Tipo	0,89	--	0,98	--
	Porción	0,92	--	0,93	--
Carne blanca	Tipo	0,82	--	0,90	--
	Porción	0,93	--	0,92	--
Pescado blanco	Tipo	0,82	--	0,87	--
	Porción	0,90	--	0,97	--
Pescado azul	Tipo	0,80	--	0,85	--
	Porción	0,89	--	0,95	--
Lechuga	Tipo	0,96	--	1,00	--
	Porción	0,81	--	0,87	--
Tomate	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	0,82	--	0,88	--
Zanahoria	Tipo	0,90	--	0,96	--
	Porción	0,87	--	0,90	--
Pepino	Tipo	0,95	--	1,00	--
	Porción	0,85	--	0,93	--
Judía verde	Tipo	0,92	--	1,00	--
	Porción	0,89	--	0,91	--
Calabacín	Tipo	0,89	--	0,92	--
	Porción	0,84	--	0,88	--
Cebolla	Tipo	0,81	--	0,87	--
	Porción	0,84	--	0,83	--
Berenjena	Tipo	0,83	--	0,87	--
	Porción	0,85	--	0,87	--
Calabaza	Tipo	0,85	--	0,90	--
	Porción	0,88	--	0,90	--
Salsa de tomate	Tipo	0,95	--	1,00	--
	Porción	0,83	--	0,91	--
Aceite de oliva	Tipo	0,91	--	0,92	--
	Porción	0,80	--	0,86	--
Tortilla española	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	0,97	--	1,00	--
Tortilla francesa	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	0,95	--	1,00	--
Sopa	Tipo	0,95	--	1,00	--
	Porción	0,89	--	0,92	--
Yogurt	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	--	1,00	--	1,00
Fruta	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	--	1,00	--	1,00
Flan	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	--	1,00	--	1,00

\* p<0,0001

## 4.1.2 FIABILIDAD DEL REGISTRO ALIMENTARIO

### 4.1.2.1 INTRASUJETO

A continuación se muestran los resultados obtenidos a partir del análisis del grado de concordancia entre lo registrado por cada nadadora, individualmente, entre el primer y el segundo registro alimentario.

Tabla 4.3. Concordancia intrasujeto entre el primer y segundo registro alimentario del desayuno.

	Componente	Categoría Infantil (n=6)		Categoría Júnior (n=6)	
		Coefficiente de Kappa	Coefficiente Spearman *	Coefficiente de Kappa	Coefficiente Spearman *
Pan tostado	Tipo	0,93	--	1,00	--
	Porción	--	0,85	--	0,86
Leche	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	0,85	--	0,84	--
Chocolate en polvo	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	0,85	--	0,88	--
Fruta	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	--	0,94	--	0,96
Zum de fruta	Tipo	0,82	--	0,85	--
	Porción	0,88	--	0,90	--
Jamón York	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	--	1,00	--	1,00
Queso Fresco	Tipo	0,91	--	0,88	--
	Porción	--	1,00	--	1,00
Mermelada	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	0,85	--	0,82	--
Aceite de oliva	Tipo	0,90	--	0,89	--
	Porción	0,85	--	0,88	--
Café	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	0,80	--	0,85	--
Yogurt	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	--	1,00	--	1,00
Azúcar	Tipo	0,89	--	0,88	--
	Porción	0,90	--	0,82	--
Cereales (desayuno)	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	0,86	--	0,89	--
Galletas	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	--	0,88	--	1,00

\* p<0,0001

Tabla 4.4. Concordancia intrasujeto entre el primer y segundo registro alimentario de la comida y cena.

	Componente	Categoría Infantil (n=6)		Categoría Júnior (n=6)		
		Coefficiente de Kappa	Coefficiente Spearman *	Coefficiente de Kappa	Coefficiente Spearman *	
Comida y Cena	Pan	Tipo	0,84	--	0,87	--
		Porción	--	0,85	--	1,00
	Patatas	Tipo	0,83	--	0,86	--
		Porción	0,81	--	0,87	--
	Pasta	Tipo	0,92	--	1,00	--
		Porción	0,81	--	0,87	--
	Arroz	Tipo	0,90	--	1,00	--
		Porción	0,80	--	0,89	--
	Legumbre	Tipo	1,00	--	1,00	--
		Porción	0,83	--	0,88	--
	Huevo	Tipo	1,00	--	1,00	--
		Porción	--	0,85	--	1,00
	Carne roja	Tipo	0,90	--	0,95	--
		Porción	0,91	--	0,95	--
	Carne blanca	Tipo	0,84	--	0,93	--
		Porción	0,91	--	0,91	--
	Pescado blanco	Tipo	0,85	--	0,88	--
		Porción	0,91	--	0,98	--
	Pescado azul	Tipo	0,85	--	0,89	--
		Porción	0,89	--	0,92	--
	Lechuga	Tipo	0,99	--	1,00	--
		Porción	0,88	--	0,93	--
	Tomate	Tipo	1,00	--	1,00	--
		Porción	0,83	--	0,92	--
	Zanahoria	Tipo	0,92	--	0,97	--
		Porción	0,86	--	0,98	--
	Pepino	Tipo	0,95	--	1,00	--
		Porción	0,87	--	0,95	--
	Judía verde	Tipo	0,90	--	1,00	--
		Porción	0,85	--	0,93	--
	Calabacín	Tipo	0,85	--	0,89	--
		Porción	0,86	--	0,95	--
	Cebolla	Tipo	0,80	--	0,90	--
		Porción	0,93	--	0,87	--
	Berenjena	Tipo	0,90	--	0,92	--
		Porción	0,91	--	0,88	--
	Calabaza	Tipo	0,90	--	0,86	--
		Porción	0,88	--	0,94	--
	Salsa de tomate	Tipo	0,92	--	1,00	--
		Porción	0,87	--	0,95	--
	Aceite de oliva	Tipo	0,86	--	0,90	--
		Porción	0,89	--	0,90	--
	Tortilla española	Tipo	1,00	--	1,00	--
		Porción	0,95	--	1,00	--
	Tortilla francesa	Tipo	1,00	--	1,00	--
		Porción	0,99	--	1,00	--
Sopa	Tipo	0,96	--	1,00	--	
	Porción	0,90	--	0,93	--	
Yogurt	Tipo	1,00	--	1,00	--	
	Porción	--	1,00	--	1,00	
Fruta	Tipo	1,00	--	1,00	--	
	Porción	--	1,00	--	1,00	
Flan	Tipo	1,00	--	1,00	--	
	Porción	--	1,00	--	1,00	

\* p<0,0001

#### 4.1.2.2 INTERSUJETO

A continuación se muestran los resultados obtenidos a partir del análisis del grado de concordancia entre lo registrado por cada integrante de cada grupo de tres nadadoras que tomaron uno de los cuatro desayunos, comidas y cenas, tipificados (estandarizados).

Tabla 4.5. Concordancia intersujeto entre cada una de las tres nadadoras de un mismo grupo, integradas en cada uno de los cuatro grupos establecidos según los diferentes desayunos.

	Componente	Categoría Infantil (n=6)		Categoría Júnior (n=6)	
		Coefficiente de Kappa	Coefficiente Spearman *	Coefficiente de Kappa	Coefficiente Spearman *
Pan tostado	Tipo	0,93	--	1,00	--
	Porción	--	0,82	--	0,82
Leche	Tipo	0,98	--	1,00	--
	Porción	0,81	--	0,85	--
Chocolate en polvo	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	0,80	--	0,80	--
Fruta	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	--	1,00	--	1,00
Zum de fruta	Tipo	0,80	--	0,80	--
	Porción	0,85	--	0,87	--
Jamón York	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	--	1,00	--	1,00
Queso Fresco	Tipo	0,86	--	0,80	--
	Porción	--	0,90	--	0,92
Mermelada	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	0,85	--	0,83	--
Aceite de oliva	Tipo	0,90	--	0,92	--
	Porción	0,80	--	0,88	--
Café	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	0,83	--	0,82	--
Yogurt	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	--	1,00	--	1,00
Azúcar	Tipo	0,90	--	0,86	--
	Porción	0,85	--	0,80	--
Cereales (desayuno)	Tipo	1,00	--	1,00	--
	Porción	0,81	--	0,83	--
Galletas	Tipo	0,95	--	1,00	--
	Porción	--	0,93	--	1,00

\* p<0,0001

Tabla 4.6. Concordancia intersujeto entre cada una de las tres nadadoras de un mismo grupo, integradas en cada uno de los cuatro grupos establecidos según las diferentes comidas y cenas.

	Componente	Categoría Infantil (n=6)		Categoría Júnior (n=6)		
		Coefficiente de Kappa	Coefficiente Spearman *	Coefficiente de Kappa	Coefficiente Spearman *	
Comida y Cena	Pan	Tipo	0,78	--	0,79	--
		Porción	--	0,81	--	1,00
	Patatas	Tipo	0,80	--	0,75	--
		Porción	0,78	--	0,74	--
	Pasta	Tipo	0,86	--	1,00	--
		Porción	0,81	--	0,79	--
	Arroz	Tipo	0,82	--	1,00	--
		Porción	0,78	--	0,81	--
	Legumbres	Tipo	0,86	--	1,00	--
		Porción	0,83	--	0,85	--
	Huevo	Tipo	1,00	--	1,00	--
		Porción	--	0,80	--	1,00
	Carne roja	Tipo	0,82	--	0,88	--
		Porción	0,85	--	0,83	--
	Carne blanca	Tipo	0,79	--	0,80	--
		Porción	0,84	--	0,81	--
	Pescado blanco	Tipo	0,80	--	0,88	--
		Porción	0,87	--	0,83	--
	Pescado azul	Tipo	0,75	--	0,79	--
		Porción	0,80	--	0,84	--
	Lechuga	Tipo	0,86	--	1,00	--
		Porción	0,77	--	0,82	--
	Tomate	Tipo	1,00	--	1,00	--
		Porción	0,83	--	0,81	--
	Zanahoria	Tipo	0,88	--	0,89	--
		Porción	0,87	--	0,80	--
	Pepino	Tipo	0,89	--	1,00	--
		Porción	0,77	--	0,86	--
	Judía verde	Tipo	0,82	--	1,00	--
		Porción	0,80	--	0,85	--
	Calabacín	Tipo	0,78	--	0,88	--
		Porción	0,82	--	0,80	--
	Cebolla	Tipo	0,81	--	0,85	--
		Porción	0,85	--	0,78	--
	Berenjena	Tipo	0,83	--	0,77	--
		Porción	0,85	--	0,82	--
	Calabaza	Tipo	0,84	--	0,80	--
		Porción	0,86	--	0,83	--
	Salsa de tomate	Tipo	0,85	--	1,00	--
		Porción	0,73	--	0,88	--
	Aceite de oliva	Tipo	0,83	--	0,90	--
		Porción	0,77	--	0,82	--
	Tortilla española	Tipo	1,00	--	1,00	--
		Porción	0,91	--	1,00	--
	Tortilla francesa	Tipo	1,00	--	1,00	--
		Porción	0,93	--	1,00	--
Sopa	Tipo	0,82	--	1,00	--	
	Porción	0,85	--	0,85	--	
Yogurt	Tipo	1,00	--	1,00	--	
	Porción	--	1,00	--	1,00	
Fruta	Tipo	1,00	--	1,00	--	
	Porción	--	1,00	--	1,00	
Flan	Tipo	1,00	--	1,00	--	
	Porción	--	1,00	--	1,00	

\* p<0,0001

### 4.1.3 ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

Las totalidad de variables incluidas en esta valoración (n=33) son variables cuantitativas continuas y se presentan de forma descriptiva, para el total y para cada grupo de estudio.

#### 4.1.3.1 BALANCE ENERGÉTICO

Tabla 4.7. Balance energético

	Todas (n=49)				Categoría infantil (n=34)				Categoría júnior (n=15)			
	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx
Ingesta calórica (kcal/día)	2323,4	317,7	1808,9	3136,3	2351,5	287,1	1820,6	2800,3	2259,6	381,4	1808,9	3136,3
Gasto energético (kcal/día)	3255,7	679,6	2276,0	4897,0	2849,9	278,0	2276,0	3304,0	4175,5	307,9	3664,0	4897,0

$\bar{x}$  = promedio; sd = desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo.

#### 4.1.3.2 MACRONUTRIENTES

Tabla 4.8. Macronutrientes

	Todas (n=49)				Categoría infantil (n=34)				Categoría júnior (n=15)			
	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx
<b>HC</b>												
(g/kg/día)	5,5	1,3	2,5	9,5	5,7	1,3	3,2	9,5	4,9	1,3	2,5	7,5
(%)	45,4	4,7	35,2	53,2	45,2	4,4	36,7	53,2	46,0	5,5	35,2	53,2
HC simples (%)	20,1	3,8	9,9	28,0	20,6	3,1	13,9	28,0	18,8	4,9	9,9	25,8
HC complejos (%)	25,4	6,2	12,8	38,7	24,6	5,7	12,8	34,7	27,2	7,2	16,5	38,7
<b>Proteínas</b>												
(g/kg/día)	2,4	0,6	1,5	3,5	2,5	0,6	1,5	3,5	2,2	0,4	1,6	2,9
(%)	19,9	2,4	15,6	27,5	19,6	2,0	15,6	23,7	20,7	3,1	16,3	27,5
Proteína animal (%)	14,9	2,4	10,6	21,2	14,5	2,0	10,6	18,1	15,7	2,9	12,2	21,2
Proteína vegetal (%)	5,0	0,6	4,0	6,6	5,1	0,5	4,2	6,0	5,0	0,7	4,0	6,6
<b>Lípidos</b>												
(g/kg/día)	1,9	0,6	0,7	3,2	2,0	0,5	0,8	3,2	1,6	0,5	0,7	3,0
(%)	34,6	4,6	22,3	47,0	35,3	4,0	27,3	42,2	33,2	5,8	22,3	47,0
Grasas monoinsat. (%)	13,1	2,0	6,9	18,6	13,4	1,7	6,9	16,2	12,6	2,6	6,9	18,6
Grasas poliinsat. (%)	5,0	0,7	3,2	7,2	5,0	0,7	3,2	7,2	4,9	0,6	3,5	6,0
Grasas saturadas (%)	16,5	3,8	7,8	24,9	16,9	3,6	9,1	24,9	15,7	4,1	7,8	24,0
Fibra (g/día)	21,7	3,9	14,8	29,3	21,9	4,0	15,6	29,3	21,1	3,5	14,8	27,3
Colesterol (mg/día)	380,3	68,1	220,9	493,1	379,1	66,6	247,8	493,1	383,4	74,5	220,9	490,4

HC = hidratos de carbono;  $\bar{x}$  = promedio; sd = desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo.

### 4.1.3.3 MICRONUTRIENTES

Tabla 4.9. Micronutrientes

	Todas (n=49)				Categoría infantil (n=34)				Categoría júnior (n=15)			
	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx
<b>Vitaminas</b>												
A (µg/día)	1110,1	192,2	745,3	1447,7	1068,7	181,4	745,3	1417,1	1204,0	188,5	849,8	1447,7
C (mg/día)	166,5	62,5	33,0	348,8	169,0	60,2	76,2	340,0	161,1	69,4	33,0	348,8
D (µg/día)	6,4	1,1	3,9	8,6	6,3	1,1	3,9	8,6	6,7	1,2	4,3	8,2
E (mg/día)	12,3	1,8	8,9	16,3	11,7	1,8	8,9	14,9	13,5	1,3	11,6	16,3
K (µg/día)	60,5	4,4	50,9	66,8	59,5	4,6	50,9	66,7	62,7	2,8	58,7	66,8
β-car (mg/día)	3,0	1,4	1,1	9,9	3,0	1,6	1,1	9,9	3,0	0,9	1,1	4,4
B <sub>1</sub> (mg/día)	2,3	0,4	1,5	3,1	2,3	0,4	1,5	3,1	2,1	0,4	1,5	2,6
B <sub>2</sub> (mg/día)	2,5	0,4	1,5	3,2	2,5	0,4	1,5	3,2	2,4	0,3	1,9	2,9
B <sub>3</sub> (mg/día)	29,8	5,8	20,9	43,1	29,6	5,8	20,9	43,1	30,2	5,9	22,3	40,8
B <sub>6</sub> (mg/día)	2,9	0,5	2,0	3,9	2,8	0,5	2,0	3,9	2,9	0,5	2,0	3,8
B <sub>9</sub> (µg/día)	372,0	113,0	122,2	607,6	373,2	125,8	122,2	607,6	369,2	80,5	225,5	556,2
B <sub>12</sub> (µg/día)	7,5	2,2	2,6	13,6	7,5	2,3	2,6	12,3	7,6	2,3	5,2	13,6
<b>Minerales</b>												
Ca (mg/día)	1072,0	274,0	499,2	1875,0	1036,0	259,1	499,2	1875,0	1153,6	297,9	635,8	1717,3
Fe (mg/día)	14,6	2,3	10,5	20,0	14,7	2,4	10,5	20,0	14,4	2,2	11,6	18,9
Zn (mg/día)	11,5	1,5	8,5	14,3	11,4	1,4	8,5	13,7	11,6	1,7	8,8	14,3
Na (mg/día)	3568,5	676,9	2315,6	5047,9	3658,3	701,9	2478,0	5047,9	3364,8	587,8	2315,6	4609,7
K (mg/día)	3475,3	561,8	2725,2	5075,3	3458,4	584,3	2765,4	5075,3	3513,5	524,5	2725,2	4427,7
Mg (mg/día)	334,4	43,5	262,8	403,7	331,8	43,9	262,8	403,7	340,4	43,6	270,9	395,2
Se (µg/día)	56,7	3,7	51,0	65,3	57,3	3,8	52,5	65,3	55,4	3,4	51,0	62,6

$\bar{x}$  = promedio; sd = desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo.

## 4.1.4 COMPARACIÓN INTER-GRUPOS

### 4.1.4.1 BALANCE ENERGÉTICO

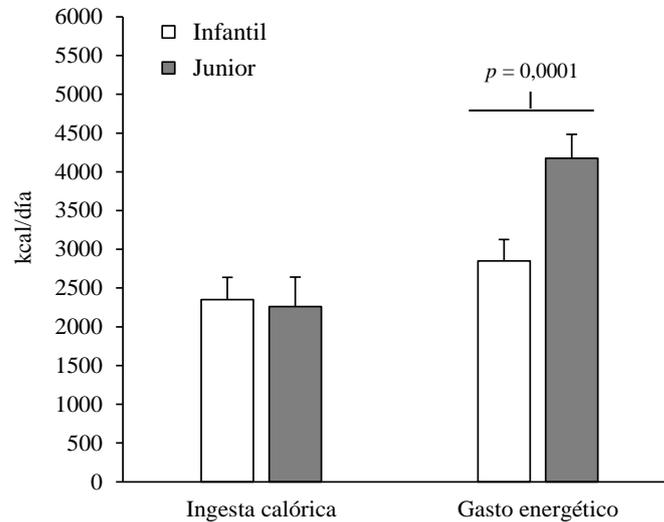


Figura 4.1 Diferencias entre categorías en las variables que intervienen en el balance energético.

### 4.1.4.2 MACRONUTRIENTES

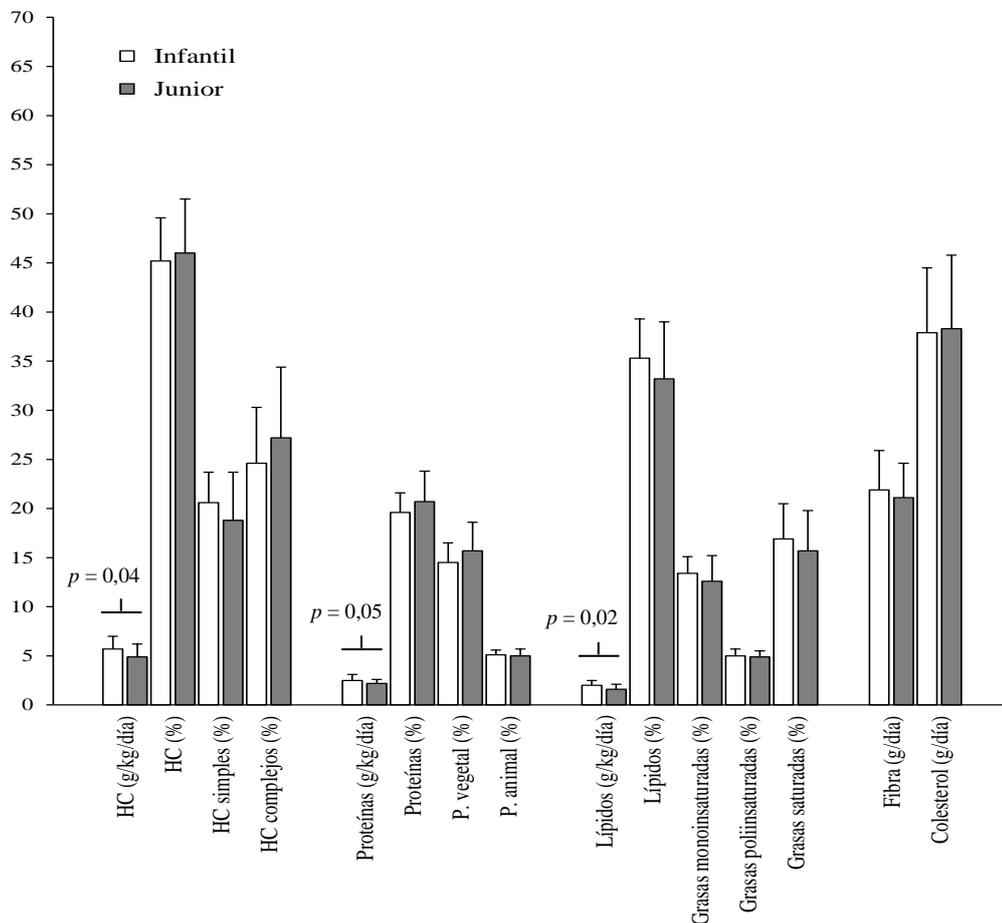


Figura 4.2. Diferencias entre categorías en relación a los macronutrientes.

### 4.1.4.3 MICRONUTRIENTES

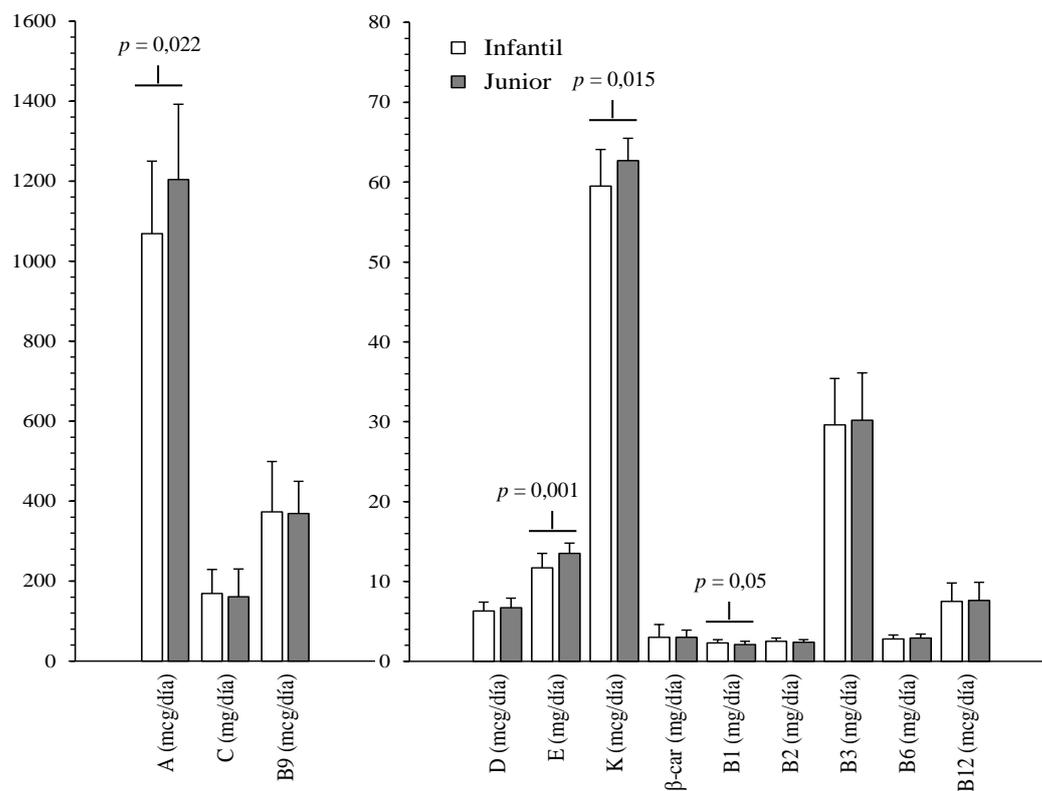


Figura 4.3. Diferencias entre categorías en los micronutrientes (vitaminas).

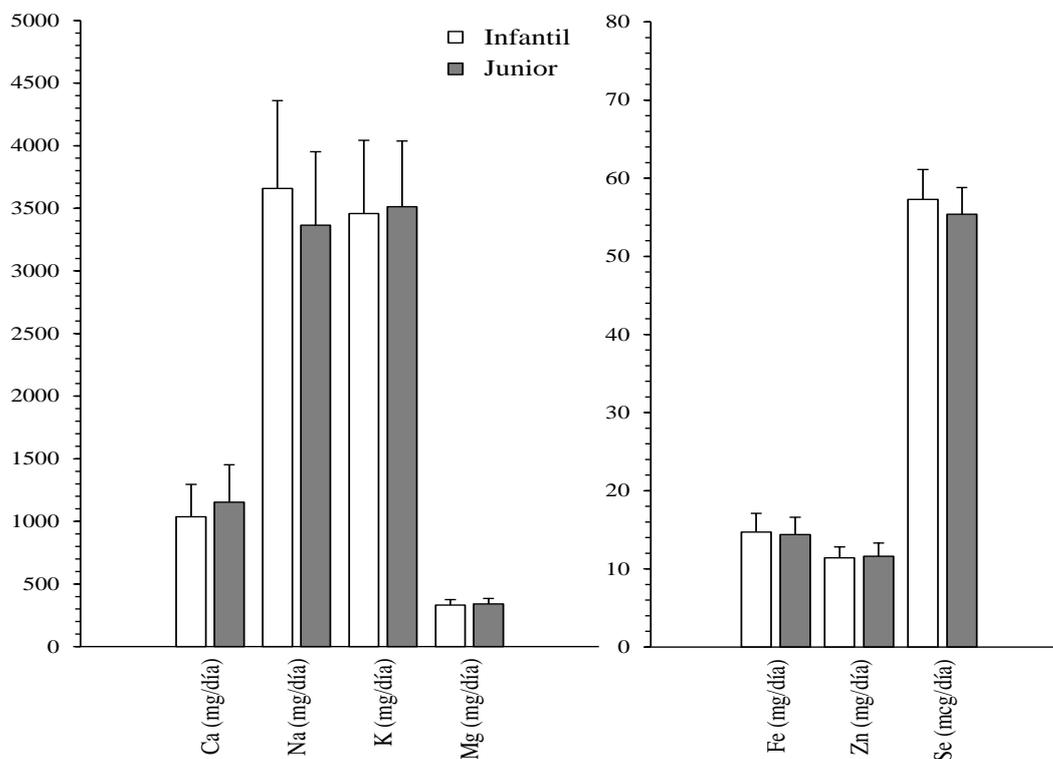


Figura 4.4. Diferencias entre categorías en relación a los micronutrientes (minerales).

## 4.1.5 COMPARACIÓN INTRA-GRUPOS

### 4.1.5.1 BALANCE ENERGÉTICO

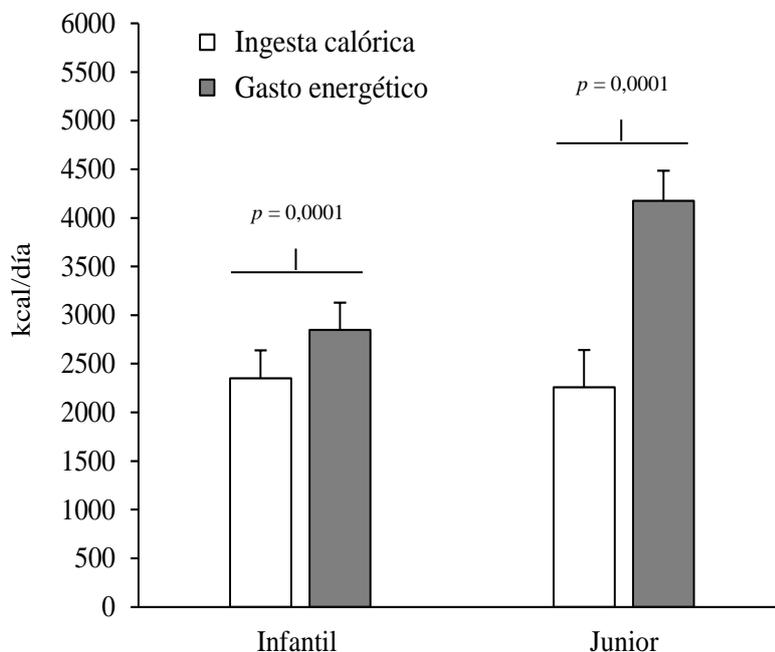


Figura 4.5. Diferencias en el balance energético en cada categoría.

## 4.1.6 COMPARACIÓN CON INGESTA DIARIA RECOMENDADA

### 4.1.6.1 MACRONUTRIENTES

El 87,8% de las nadadoras (n=43) ingiere una cantidad diaria de hidratos de carbono inferior a las recomendaciones establecidas para mujeres deportistas adolescentes (Burke, 2007). Además, el 98,0% de ellas consume una cantidad mayor del 10% de carbohidratos simples, y ninguna cumple el objetivo de situarse en torno al 45% en relación a la ingesta diaria de hidratos de carbono complejos (Figura 4.6). En todas ellas la ingesta de proteínas diaria es superior a los valores de 1,3-1,7 g/kg/día recomendados para este perfil poblacional (Burke, 2007), estando el 100% de las nadadoras por debajo del 50% de aporte de proteínas de origen vegetal, y por encima en relación a las

proteínas de origen animal (Figura 4.6). El 89,8% de las nadadoras supera el 30% de la ingesta diaria recomendada para los lípidos (Burke, 2007). Además, prácticamente ninguna llega a los requerimientos de ingesta a nivel de grasas monoinsaturadas (98,0%) y poliinsaturadas (85,7%), respectivamente. Contrariamente sí que sobrepasan, en un 95,9% de los casos, el 10% de ingesta diaria en grasas saturadas (Figura 4.6). El 75,5% de las nadadoras registran valores de ingesta diaria de fibra inferiores a los 25 g/día (Serra-Majem & Aranceta, 2004). El 79,6% registran valores de ingesta diaria de colesterol, superiores a 300 mg/día (Gonzalez-Gallego et al., 2006).

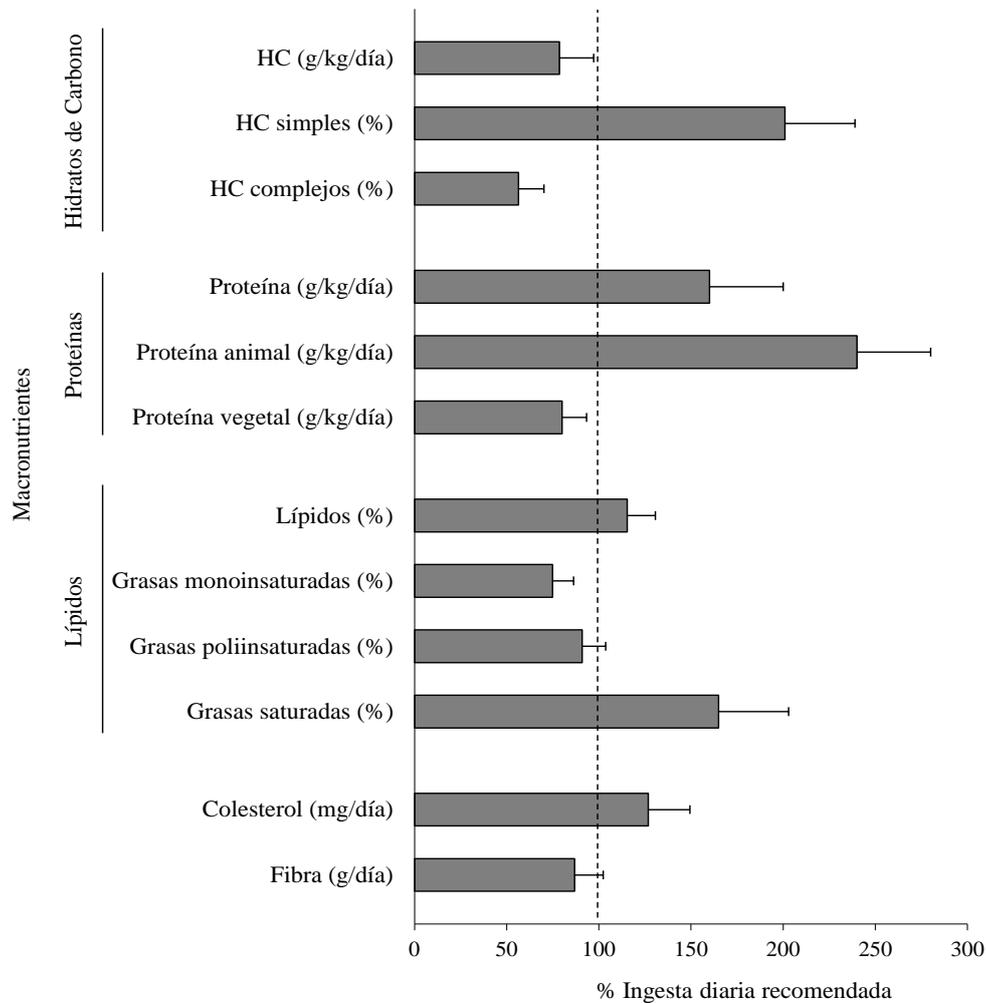


Figura 4.6. Ingesta de macronutrientes diaria del conjunto de las nadadoras en relación a la ingesta diaria recomendada para población española femenina adolescente (Serra-Majem & Aranceta, 2004; Gonzalez-Gallego et al., 2006; Burke, 2007).

#### 4.1.6.2 MICRONUTRIENTES

El número de nadadoras que no cumple con los requerimientos mínimos de aporte de vitaminas (Moreiras et al., 2013), es reducido: 2 nadadoras (4,1%) registran valores de vitamina A por debajo de 800  $\mu\text{g}/\text{día}$ ; 1 nadadora (2,0%) registra un valor de vitamina C por debajo de 60  $\text{mg}/\text{día}$ ; 5 nadadoras (10,2%) registran valores de vitamina D por debajo de 5  $\mu\text{g}/\text{día}$ ; 12 nadadoras (24,5%) registran valores de vitamina E por debajo de 11  $\text{mg}/\text{día}$ ; 3 nadadoras (6,1%) registran valores de vitamina B<sub>6</sub> por debajo de 2,1  $\text{mg}/\text{día}$ . La vitamina B<sub>9</sub>, con el 63,3% (n=31) de nadadoras, y los  $\beta$ -carotenoides, con el 51,0% (n=25), son los componentes con mayor déficit en el conjunto total de nadadoras, no llegando a los 400  $\mu\text{g}/\text{día}$  y los 3  $\text{mg}/\text{día}$ , respectivamente. En relación a los  $\beta$ -carotenoides, pese a que no se ha establecido con plena rigurosidad la ingesta diaria recomendada, se ha tomado como referencia el rango de valores de entre 3 y 7  $\text{mg}/\text{día}$  propuesto por la mayoría de estudios epidemiológicos relacionados (EFSA, 2006). Finalmente, ni la vitamina K con una ingesta diaria recomendada de 50  $\mu\text{g}/\text{día}$ , ni la B<sub>1</sub> con 1,0  $\text{mg}/\text{día}$ , la B<sub>2</sub> con 1,5  $\text{mg}/\text{día}$ , la B<sub>3</sub> con 17  $\text{mg}/\text{día}$ , o la B<sub>12</sub> con 2  $\mu\text{g}/\text{día}$ , registran déficit alguno en ninguna de las nadadoras objeto de estudio (Figura 4.7). En cuanto a los minerales, el número de nadadoras que no cumple con los requerimientos mínimos aconsejados (Moreiras et al., 2013), es elevado: 21 nadadoras (42,9%) registran valores de ingesta de calcio por debajo de 1000  $\text{mg}/\text{día}$ ; 42 nadadoras (85,7%) registran valores de hierro por debajo de 18  $\text{mg}/\text{día}$ ; el 100% de éstas no cumple con los requerimientos mínimo de ingesta diaria de zinc (15  $\text{mg}/\text{día}$ ) y sobrepasa los 1600  $\text{mg}/\text{día}$  de sodio en su dieta; los 3100  $\text{mg}/\text{día}$  de ingesta recomendada de potasio, no son alcanzados por un 26,5% (n=13) de las nadadoras; 48 nadadoras (98,0%) registran valores de ingesta de magnesio por debajo de 400  $\text{mg}/\text{día}$ . Finalmente, el único mineral

analizado cuya ingesta diaria alcanza los valores recomendados (50  $\mu\text{g}/\text{día}$ ), es el selenio (Figura 4.7)

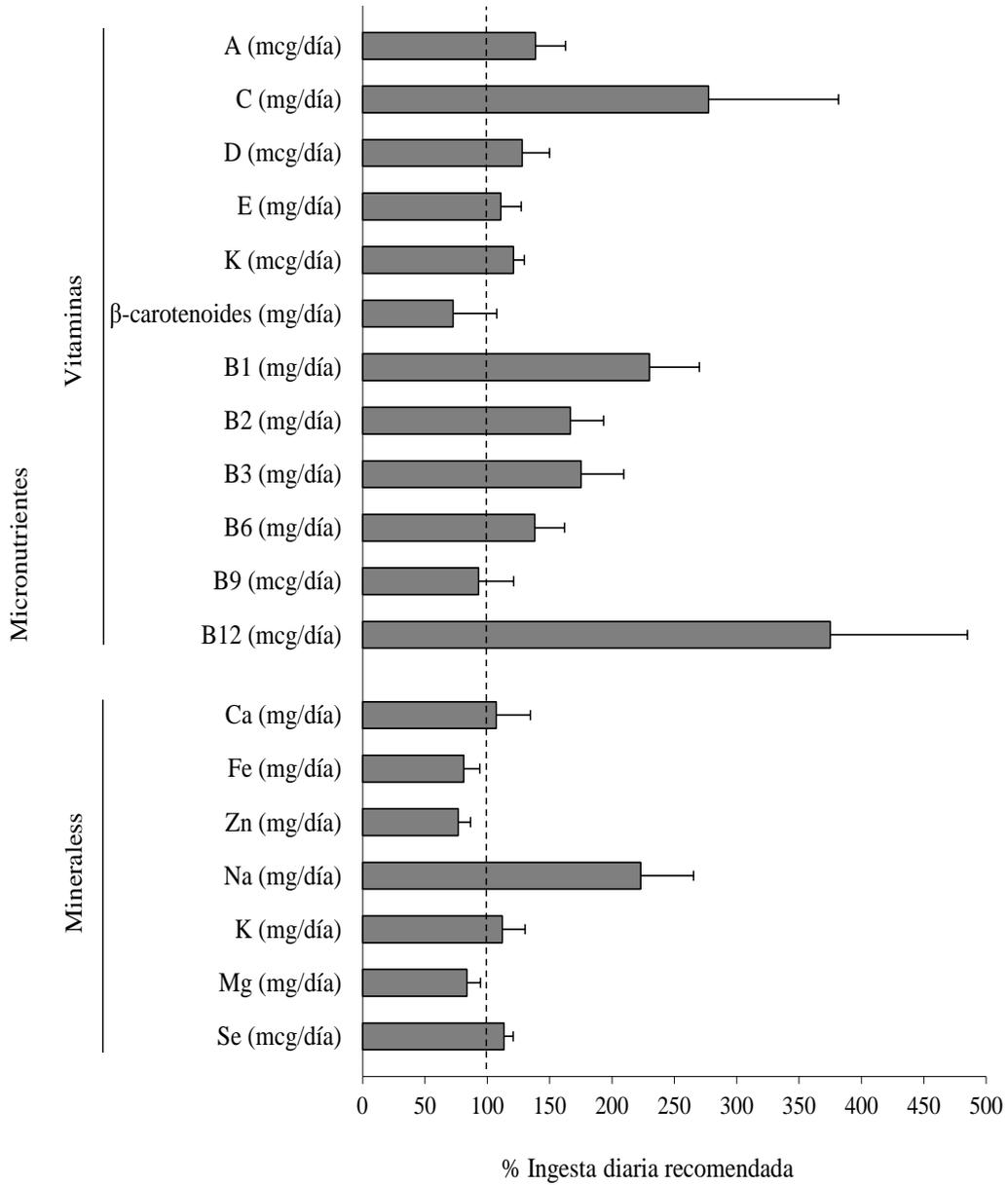


Figura 4.7. Ingesta de micronutrientes diaria del conjunto de las nadadoras en relación a la ingesta diaria recomendada para población española femenina adolescente (Moreiras et al. 2013).

## 4.2 Valoración somática

La valoración somática consta de diferentes variables (n=31), agrupadas en siete bloques (Tabla 3.3): dimensiones corporales (n=2); pliegues cutáneos (n=8); diámetros corporales (n=3); perímetros corporales (n=4); composición corporal (n=8); somatotipo (n=5); proporcionalidad (n=1). Tal y como se ha señalado anteriormente (apartado 3.2.2.2), todas las medidas fueron tomadas exclusivamente por la investigadora principal del estudio, siendo ésta una antropometrista acreditada por la ISAK. Con el objeto de asegurar la fiabilidad intraobservador de las mediciones, el posible error técnico de medida (TEM) fue sistemáticamente controlado, desestimando cualquier valor de TEM, por cada variable analizada, igual o superior a 1,5% (Ross & Marfell-Jones, 1982).

### 4.2.1 ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

Las totalidad de variables incluidas en esta valoración (n=31) son variables cuantitativas continuas y se presentan de forma descriptiva, para el total y para cada grupo de estudio.

#### 4.2.1.1 DIMENSIONES CORPORALES

Tabla 4.10. Dimensiones corporales.

	Todas (n=49)				Categoría infantil (n=34)				Categoría júnior (n=15)			
	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx
Talla (cm)	163,9	7,9	145,7	180,0	161,9	8,2	145,7	180,0	168,4	5,0	162,0	180,0
Peso (kg)	49,6	7,2	32,8	65,0	47,2	7,0	32,8	58,6	54,9	4,3	47,1	65,0

$\bar{x}$  = promedio; sd = desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo.

## 4.2.1.2 PLIEGUES CUTÁNEOS

Tabla 4.11. Pliegues cutáneos.

	Todas (n=49)				Categoría infantil (n=34)				Categoría júnior (n=15)			
	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx
Tricipital (mm)	11,5	2,8	7,7	18,7	11,3	3,0	8,0	18,7	11,9	2,3	7,7	16,1
Subescapular (mm)	7,6	2,1	4,0	12,3	7,4	2,4	4,0	12,3	8,2	1,3	6,1	10,7
Bicipital (mm)	4,5	1,0	3,0	7,6	4,4	0,7	3,0	6,2	4,6	1,5	3,0	7,6
Ileocrestal (mm)	11,0	2,8	8,0	18,0	10,8	3,2	8,0	18,0	11,5	2,0	9,0	16,0
Supraespinal (mm)	8,3	2,9	5,5	15,2	8,1	3,2	5,5	15,2	8,9	2,1	6,3	14,1
Abdominal (mm)	10,5	2,3	6,7	17,8	9,8	1,8	6,7	14,2	12,0	2,7	8,8	17,8
Muslo anterior (mm)	16,4	2,7	10,6	23,2	15,9	2,6	13,0	23,2	17,4	2,7	10,6	22,6
Pierna medial (mm)	11,4	2,1	8,0	15,5	11,1	2,0	8,0	15,4	12,1	2,2	8,9	15,5

$\bar{x}$  = promedio; sd = desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo.

## 4.2.1.3 DIÁMETROS CORPORALES

Tabla 4.12. Diámetros corporales.

	Todas (n=49)				Categoría infantil (n=34)				Categoría júnior (n=15)			
	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx
Biepicondíleo húmero (cm)	5,8	0,3	5,0	6,4	5,6	0,3	5,0	6,1	6,1	0,2	5,5	6,4
Biestiloideo (cm)	4,9	0,3	4,0	5,6	4,8	0,3	4,0	5,3	5,1	0,2	4,6	5,6
Bicondíleo fémur (cm)	8,3	0,6	7,0	9,6	8,0	0,4	7,0	8,6	9,0	0,3	8,5	9,6

$\bar{x}$  = promedio; sd = desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo.

#### 4.2.1.4 PERÍMETROS CORPORALES

Tabla 4.13. Perímetros corporales.

	Todas (n=49)				Categoría infantil (n=34)				Categoría júnior (n=15)			
	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx
Brazo relajado (cm)	25,9	1,6	23,1	30,0	25,5	1,4	23,1	28,2	26,9	1,6	24,5	30,0
Brazo contraído (cm)	26,8	1,7	23,7	31,4	26,4	1,4	23,7	29,0	27,8	1,9	25,0	31,4
Muslo (cm)	39,1	2,8	32,7	46,9	38,0	2,3	32,7	43,9	41,7	2,0	39,3	46,9
Pierna (cm)	31,7	2,4	25,7	37,5	31,0	2,3	25,7	36,9	33,4	1,5	31,5	37,5

$\bar{x}$  = promedio; sd = desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo.

#### 4.2.1.5 COMPOSICIÓN CORPORAL

Tabla 4.14. Composición corporal.

	Todas (n=49)				Categoría infantil (n=34)				Categoría júnior (n=15)			
	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx
$\Sigma$ de 6 pliegues (mm)	65,7	13,4	48,3	95,4	63,6	14,1	48,3	95,4	70,6	10,5	49,6	89,2
Masa grasa (%)	16,7	3,1	12,1	23,3	16,3	3,3	12,1	23,3	17,7	2,1	13,5	20,9
Masa libre de grasa (kg)	41,3	6,1	26,8	51,4	39,6	6,3	26,8	49,4	45,2	3,2	38,7	51,4
Masa muscular (%)	42,5	4,2	32,9	54,4	42,2	4,8	32,9	54,4	43,1	2,2	39,0	47,4
Masa ósea (%)	17,5	1,8	13,0	22,3	17,3	2,1	13,0	22,3	17,8	1,1	14,9	19,7
Masa residual (%)	11,8	4,3	0,5	22,5	11,8	5,0	0,5	22,5	11,7	2,1	8,1	16,5
Área muscular brazo (cm <sup>2</sup> )	4,0	0,6	2,4	5,2	3,8	0,6	2,4	5,2	4,3	0,5	3,7	5,2
Área muscular muslo (cm <sup>2</sup> )	9,3	1,5	5,8	13,1	8,7	1,3	5,8	12,1	10,5	1,0	9,2	13,1

$\bar{x}$  = promedio; sd = desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo.

#### 4.2.1.6 SOMATOTIPO

Tabla 4.15. Componentes tridimensionales del somatotipo.

	Todas (n=49)				Categoría infantil (n=34)				Categoría júnior (n=15)			
	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx
Endomorfismo	2,8	0,8	1,8	4,7	2,8	0,9	1,8	4,7	2,8	0,5	1,8	3,7
Mesomorfismo	2,9	1,1	0,2	5,0	2,7	1,0	0,2	5,0	3,5	0,9	1,4	4,9
Ectomorfismo	4,1	1,2	1,3	6,8	4,3	1,2	1,3	6,8	3,7	1,1	1,9	5,7

$\bar{x}$  = promedio; sd = desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo.

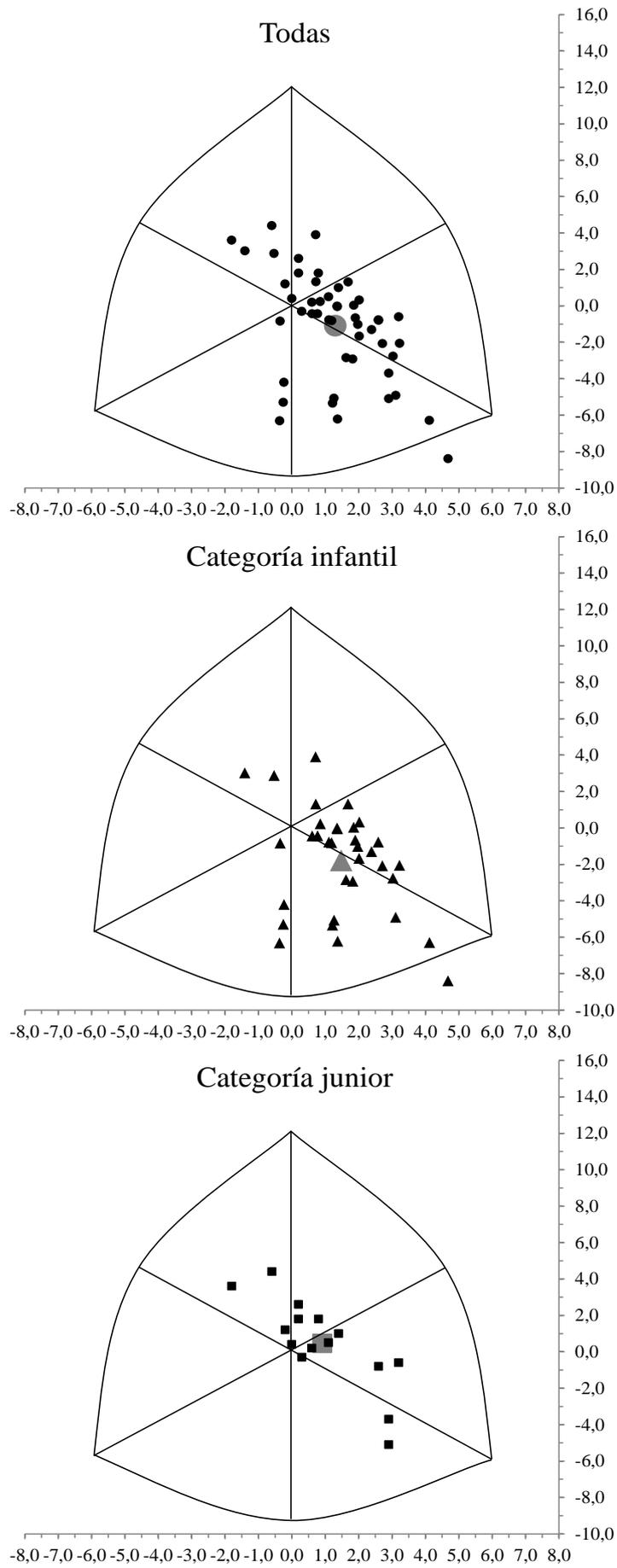


Figura 4.8. Somatocartas de las nadadoras (en sombreado gris, el valor promedio).

## 4.2.1.7 PROPORCIONALIDAD

Tabla 4.16. Índice de masa corporal.

	Todas (n=49)				Categoría infantil (n=34)				Categoría júnior (n=15)			
	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	18,4	1,8	14,4	22,8	18,0	1,9	14,4	22,4	19,4	1,4	16,9	22,8

$\bar{x}$  = promedio; sd = desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo; IMC = índice de masa corporal.

## 4.2.2 COMPARACIÓN INTER-GRUPOS

### 4.2.2.1 DIMENSIONES CORPORALES

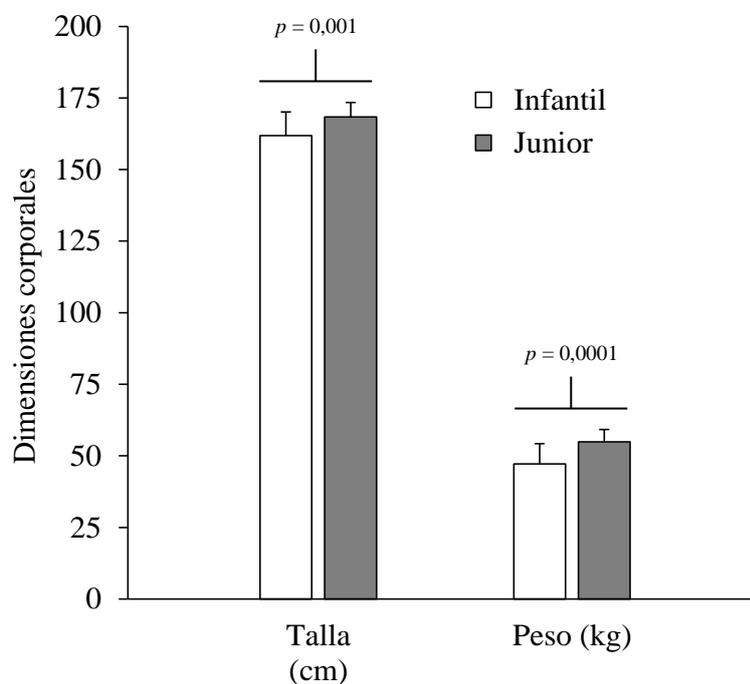


Figura 4.9. Diferencias entre categorías en relación a las dimensiones corporales.

#### 4.2.2.2 PLIEGUES CUTÁNEOS

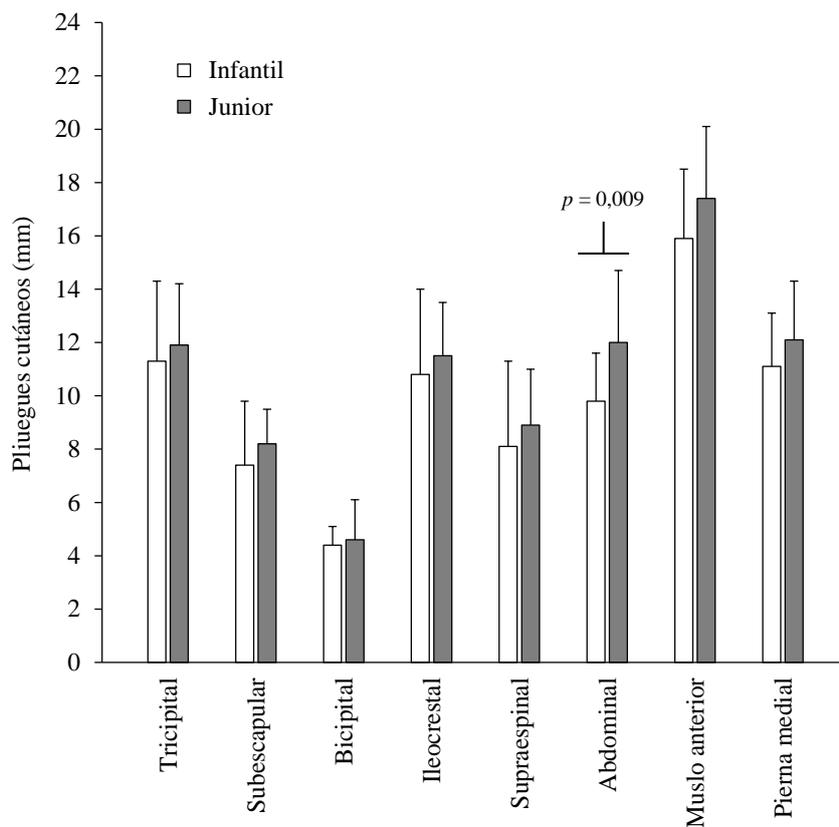


Figura 4.10. Diferencias entre categorías en relación a los pliegues cutáneos.

#### 4.2.2.3 DIÁMETROS CORPORALES

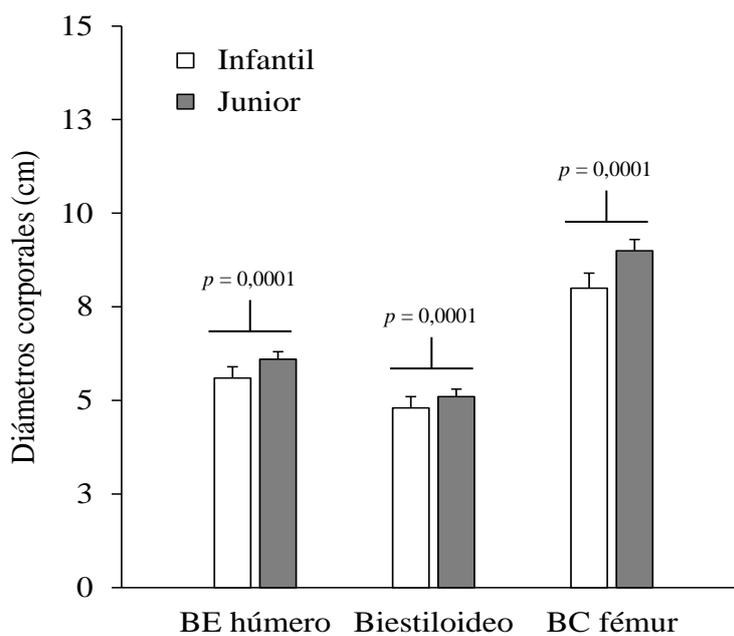


Figura 4.11. Diferencias entre categorías en relación a los diámetros corporales (BE: biepicondíleo; BC: bicondíleo).

#### 4.2.2.4 PERÍMETROS CORPORALES

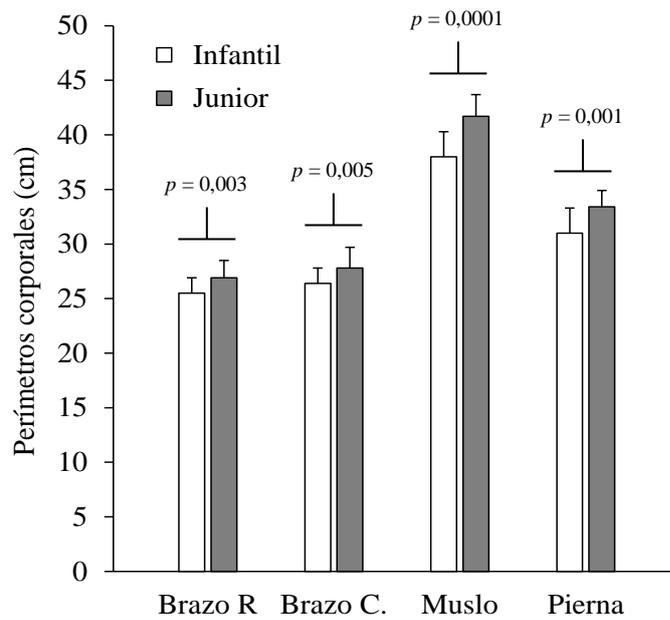


Figura 4.12. Diferencias entre categorías en relación a los perímetros corporales (R: relajado; C: contraído).

#### 4.2.2.5 COMPOSICIÓN CORPORAL

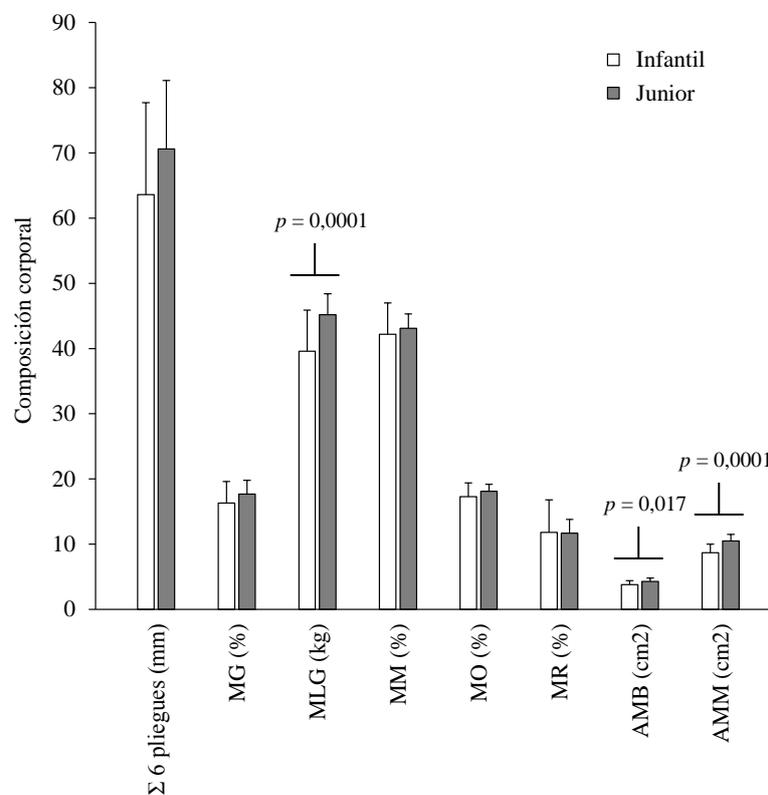


Figura 4.13. Diferencias entre categorías en relación a las variables de composición corporal (MG: masa grasa; MLG: masa libre de grasa; MM: masa muscular; MO: masa ósea; MR: masa residual; AMB: área muscular del brazo; AMM: área muscular del muslo).

#### 4.2.2.6 SOMATOTIPO

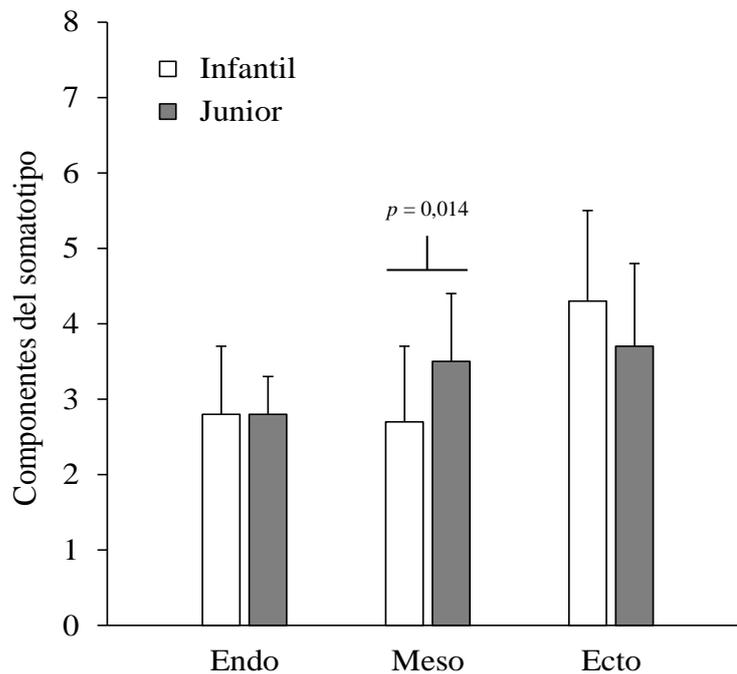


Figura 4.14. Diferencias entre categorías en relación a los componentes tridimensionales del somatotipo (Endo: endomorfismo; Meso: Mesomorfismo; Ecto: ectomorfismo).

#### 4.2.2.7 PROPORCIONALIDAD

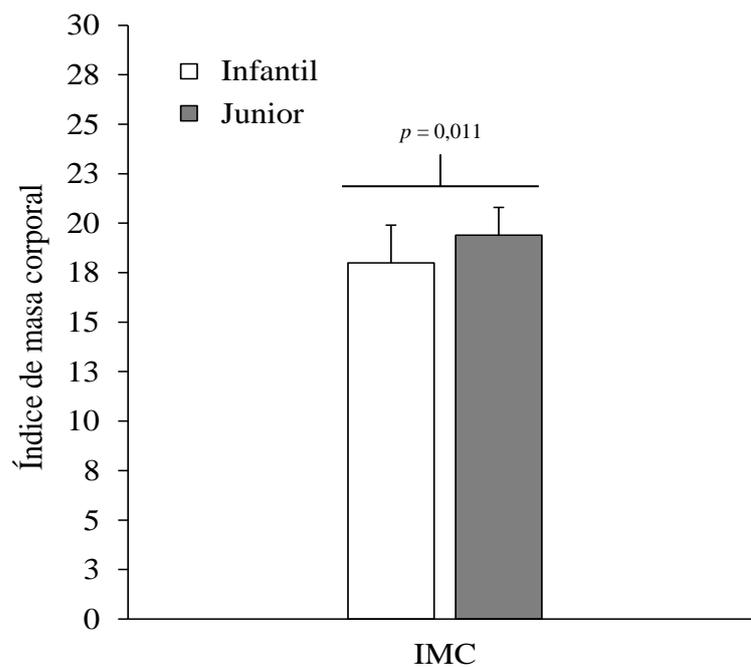


Figura 4.15. Diferencias entre categorías en relación al índice de masa corporal (IMC).

### 4.2.3 COMPARACIÓN INTRA-GRUPOS

En relación a los objetivos planteados en el presente estudio (apartado 2.2), a continuación se muestran los resultados del comportamiento del peso y el índice de masa corporal (IMC) entre el inicio y la finalización de una sesión de entrenamiento en natación sincronizada, para cada categoría (infantil y júnior). Ambas variables, pese a conformarse como variables somáticas, fueron registradas para relacionarlas con los resultados de la valoración bioeléctrica pre-post sesión de entrenamiento (apartado 4.4.4). En este mismo sentido, la ingesta de agua monitorizada a lo largo de la sesión fue de  $0,5 \pm 0,2$  L en las nadadoras infantiles, y de  $0,7 \pm 0,3$  L en las nadadoras júnior. Los instrumentos y el método de valoración realizado (apartado 3.2.2.4), así como el procedimiento para la obtención de datos (apartado 3.2.5), se han descrito previamente en los correspondientes apartados.

Tabla 4.17. Valores de peso e índice de masa corporal, pre-post sesión de entrenamiento en natación sincronizada, para ambas categorías (infantil y júnior).

	PRE	POST	Valor $\Delta$ (%)	t-test (t)	Valor p (p)
Categoría Infantil (n=34)					
Peso (kg)	$47.2 \pm 7.0$	$46.9 \pm 7.0$	$-0.8 \pm 0.6$	8.081	0.0001
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	$18.0 \pm 1.9$	$17.8 \pm 1.9$	$-0.8 \pm 0.6$	7.578	0.0001
Categoría Júnior (n=15)					
Peso (kg)	$53.5 \pm 5.2$	$53.2 \pm 5.1$	$-0.6 \pm 0.4$	4.634	0.0001
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	$19.3 \pm 1.3$	$19.2 \pm 1.3$	$-0.6 \pm 0.4$	4.141	0.001

IMC = índice de masa corporal;  $p < 0,05$  (t-test PRE vs. POST).

### 4.3 Valoración hematológica y bioquímica

La valoración hematológica y bioquímica consta de diferentes variables (n=32), agrupadas en diez bloques (Tabla 3.4): serie roja (n=6); serie blanca (n=7); serie plaquetaria (n=1); eritrosedimentación (n=1); metabolismo del hierro (n=3); glucemia (n=1); función renal (n=3); función muscular (n=2); función hepática y de vías biliares (n=4); colesterol y triglicéridos (n=4).

## 4.3.1 ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

### 4.3.1.1 SERIE ROJA

Tabla 4.18. Serie roja.

	Categoría júnior (n=15)			
	$\bar{x}$	sd	Min	Máx
Eritrocitos (mill/mm <sup>3</sup> )	4,3	0,2	3,9	4,7
Hemoglobina (g/dL)	12,4	0,5	11,5	13,6
Hematocrito (%)	37,9	1,8	35,0	41,7
VCM (μm <sup>3</sup> )	88,1	3,8	81,0	95,4
HCM (μμg)	28,7	1,4	25,9	31,1
CHCM (%)	32,6	0,7	31,5	34,6

$\bar{x}$  = promedio; sd = desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo; VCM = volumen corpuscular medio; HCM = hemoglobina corpuscular media; CHCM = concentración de hemoglobina corpuscular media.

### 4.3.1.2 SERIE BLANCA

Tabla 4.19. Serie blanca.

	Categoría júnior (n=15)			
	$\bar{x}$	sd	Min	Máx
Leucocitos (n/mm <sup>3</sup> )	6166,0	1867,9	4160,0	9890,0
Neutrófilos segmentados (%)	56,7	6,6	46,0	69,0
Neutrófilos no segmentados (%)	0,3	0,6	0,1	2,0
Linfocitos (%)	32,9	5,8	20,0	41,0
Monocitos (%)	6,7	1,4	5,0	10,0
Eosinófilos (%)	3,3	2,2	0,6	8,0
Basófilos (%)	0,2	0,2	0,0	0,7

$\bar{x}$  = promedio; sd = desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo.

### 4.3.1.3 SERIE PLAQUETARIA

Tabla 4.20. Serie plaquetaria.

	Categoría júnior (n=15)			
	$\bar{x}$	sd	Min	Máx
Plaquetas (n/mm <sup>3</sup> )	271,3	55,7	197,0	419,0

$\bar{x}$  = promedio; sd = desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo.

#### 4.3.1.4 ERITROSEDIMENTACIÓN

Tabla 4.21. Eritrosedimentación.

	Categoría júnior (n=15)			
	$\bar{x}$	sd	Min	Máx
VSG (mm)	11,0	4,3	6,0	22,0

$\bar{x}$  = promedio; sd = desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo; VSG = velocidad de sedimentación globular.

#### 4.3.1.5 METABOLISMO DEL HIERRO

Tabla 4.22. Metabolismo del hierro.

	Categoría júnior (n=15)			
	$\bar{x}$	sd	Min	Máx
Ferritina (ng/mL)	22,1	9,4	6,0	35,0
Transferrina (mg/dL)	261,1	35,6	202,0	333,0
Sideremia ( $\mu$ g/dL)	99,6	41,4	41,0	197,0

$\bar{x}$  = promedio; sd = desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo.

#### 4.3.1.6 GLUCEMIA

Tabla 4.23. Glucemia.

	Categoría júnior (n=15)			
	$\bar{x}$	sd	Min	Máx
Glucosa (mg/dL)	80,6	7,5	70,0	97,0

$\bar{x}$  = promedio; sd = desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo.

#### 4.3.1.7 FUNCIÓN RENAL

Tabla 4.24. Función renal.

	Categoría júnior (n=15)			
	$\bar{x}$	sd	Min	Máx
Urea (mg/dL)	29,5	5,2	23,0	39,0
Ácido úrico (mg/dL)	5,2	1,3	3,1	8,4
Creatinina (mg/dL)	0,9	0,1	0,7	1,0

$\bar{x}$  = promedio; sd = desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo.

### 4.3.1.8 FUNCIÓN MUSCULAR

Tabla 4.25. Función muscular.

	Categoría júnior (n=15)			
	$\bar{x}$	sd	Min	Máx
CPK (UI/L)	511,4	185,5	178,0	905,0
LDH (UI/L)	413,4	46,3	345,0	510,0

$\bar{x}$  = promedio; sd = desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo; CPK = creatina-fosfoquinasa; LDH = lactato-deshidrogenasa.

### 4.3.1.9 FUNCIÓN HEPÁTICA Y VÍAS BILIARES

Tabla 4.26. Función hepática y de vías biliares.

	Categoría júnior (n=15)			
	$\bar{x}$	sd	Min	Máx
Bilirrubina (mg/dL)	0,6	0,2	0,3	1,1
GOT (UI/L)	33,7	3,5	27,0	37,0
GPT (UI/L)	25,2	7,9	17,0	47,0
Fosfatas alcalinas (UI/L)	279,5	82,0	169,0	418,0

$\bar{x}$  = promedio; sd = desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo; GOT = transaminasas glutámico oxalacéticas; GPT = transaminasas glutámico pirúvicas.

### 4.3.1.10 COLESTEROL Y TRIGLICÉRIDOS

Tabla 4.27. Colesterol y triglicéridos.

	Categoría júnior (n=15)			
	$\bar{x}$	sd	Min	Máx
Colesterol total (mg/dL)	176,7	15,5	154,0	207,0
LDL (mg/dL)	93,5	10,0	82,0	115,0
HDL (mg/dL)	57,5	8,7	47,0	73,0
Triglicéridos (mg/dL)	71,3	11,6	58,0	103,0

$\bar{x}$  = promedio; sd = desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo; LDL = lipoproteína de baja densidad; HDL = lipoproteína de alta densidad.

## 4.4 Valoración bioeléctrica

La valoración bioeléctrica consta de diferentes variables (n=6) que se detallan en el correspondiente apartado (apartado 3.3.1.4). Tal y como se expresa en los objetivos específicos del presente estudio (apartado 2.2.2.4), esta valoración, junto con la valoración del peso (apartado 4.2.3) y la valoración hídrica (apartado 2.2.2.5), se

utilizaron, además de para caracterizar el perfil bioeléctrico de la muestra objeto de estudio, para valorar el comportamiento del vector de bioimpedancia pre-post sesión de entrenamiento en cada una de las categorías analizadas (infantil y júnior).

## 4.4.1 ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

### 4.4.1.1 RESISTENCIA

Tabla 4.28. Resistencia bioeléctrica.

	Todas (n=49)				Categoría infantil (n=34)				Categoría júnior (n=15)			
	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx
R ( $\Omega$ )	520,0	45,0	439,7	608,9	529,5	46,1	439,7	608,9	498,5	35,1	444,3	573,7
R/h ( $\Omega/m$ )	319,7	36,7	260,9	415,3	328,4	38,8	268,2	415,3	299,9	21,6	260,9	334,3

$\bar{x}$  = promedio; sd = desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo; R = resistencia; h = talla.

### 4.4.1.2 REACTANCIA

Tabla 4.29. Reactancia bioeléctrica.

	Todas (n=49)				Categoría infantil (n=34)				Categoría júnior (n=15)			
	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx
Xc ( $\Omega$ )	64,8	4,5	53,0	75,7	64,4	5,1	53,0	75,7	65,8	2,9	60,6	70,5
Xc/h ( $\Omega/m$ )	39,9	3,9	30,8	49,1	40,0	4,5	30,8	49,1	39,6	2,2	35,8	42,9

$\bar{x}$  = promedio; sd = desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo; Xc = reactancia; h = talla.

### 4.4.1.3 MÓDULO DE BIOIMPEDANCIA

Tabla 4.30. Módulo de bioimpedancia.

	Todas (n=49)				Categoría infantil (n=34)				Categoría júnior (n=15)			
	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx
Z ( $\Omega$ )	524,0	45,0	443,6	613,4	533,4	46,2	443,6	613,4	502,8	35,0	448,7	577,8

$\bar{x}$  = promedio; sd = desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo; Z = módulo de bioimpedancia.

#### 4.4.1.4 ÁNGULO FASE

Tabla 4.31. Ángulo fase.

	Todas (n=49)				Categoría infantil (n=34)				Categoría júnior (n=15)			
	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx
PA (°)	7,1	0,5	6,2	8,0	7,0	0,5	6,2	8,0	7,5	0,4	6,8	8,0

$\bar{x}$  = promedio; sd = desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo; PA = ángulo fase

#### 4.4.1.5 ANÁLISIS DEL VECTOR DE BIOIMPEDANCIA (BIVA)

En la Figura 4.16 se observa la ausencia de cualquier tipo de superposición de elipses entre las nadadoras y la población italiana de referencia, hecho que constata diferencias significativas entre las características bioeléctricas de las muestras ( $p=0,0001$ ). Sí que existe solapamiento, en este caso superior al 95,0%, entre las elipses correspondientes al grupo total de nadadoras y el grupo estratificado de categoría infantil ( $T^2=2,57$ ;  $p=0,12$ ), circunstancia que señala el peso de dicha categoría, que es la que aporta más nadadoras, en el comportamiento bioeléctrico total del grupo. Se han hallado diferencias significativas, entre el grupo total de nadadoras y las que conforman el grupo júnior ( $T^2=6,56$ ;  $p=0,01$ ), diferencias que todavía se acentúan más cuando se compara el comportamiento del vector bioeléctrico entre categorías ( $T^2=16,14$ ;  $p=0,001$ ). Finalmente, con el objeto de poder establecer nuevas elipses de tolerancia a modo de valores de referencia específicos para la natación sincronizada, se señalan los siguientes valores de correlación entre R y Xc, que junto con los descriptivos reportados en el apartado precedente (apartado 4.4.1), permitirán su establecimiento: categoría infantil (n=34; r=0,84;  $p=0,001$ ); categoría júnior (n=15; r=0,66;  $p=0,01$ ); total nadadoras (n=49; r=0,78;  $p=0,005$ ).

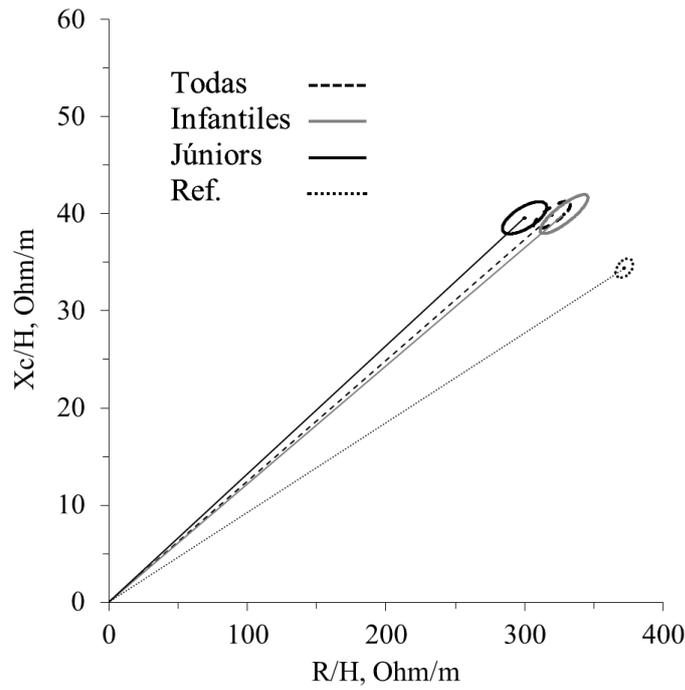


Figura 4.16. Localización de cada vector de bioimpedancia según la totalidad de las nadadoras, las de categoría infantil y júnior, y la población italiana de referencia: Ref. (Piccoli, 1995).

## 4.4.2 COMPARACIÓN INTER-GRUPOS

### 4.4.2.1 RESISTENCIA

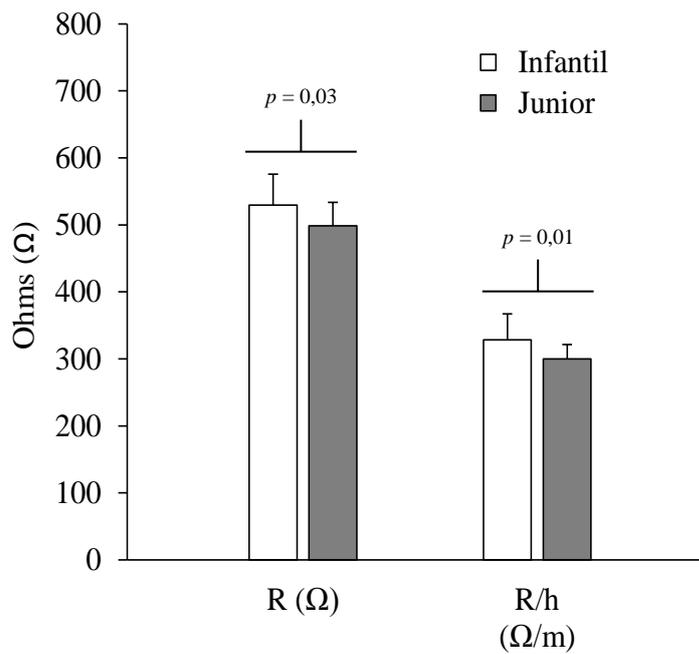


Figura 4.17. Diferencias entre categorías en relación a los valores directos de resistencia bioeléctrica (R) y ajustados por la talla (h).

#### 4.4.2.2 REACTANCIA

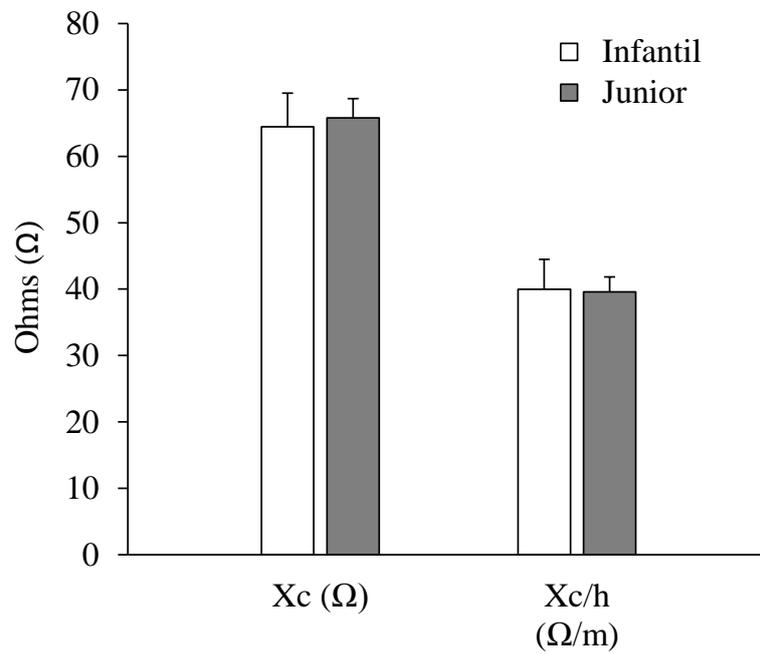


Figura 4.18. Diferencias entre categorías en relación a los valores directos de reactancia bioeléctrica ( $X_c$ ) y ajustados por la talla (h).

#### 4.4.2.3 MÓDULO DE BIOIMPEDANCIA

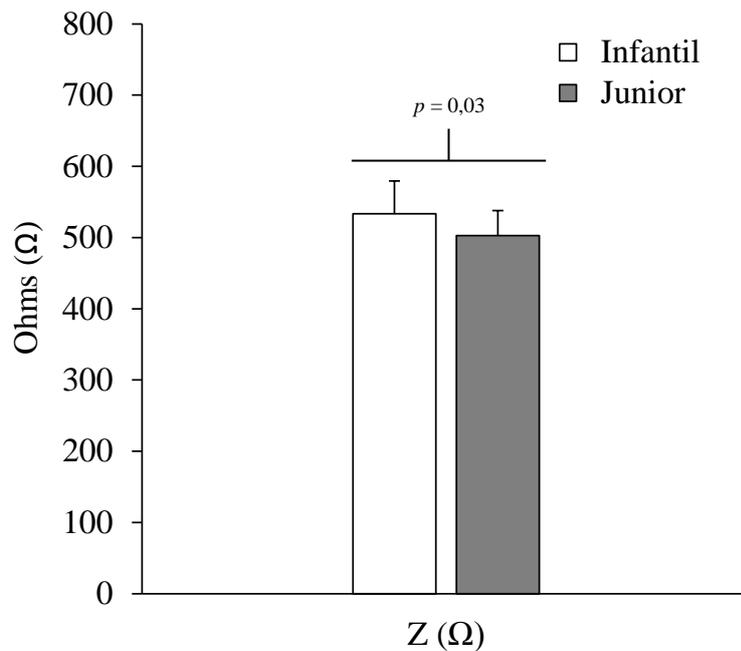


Figura 4.19. Diferencias entre categorías en relación a los valores directos de impedancia bioeléctrica (Z).

#### 4.4.2.4 ÁNGULO FASE

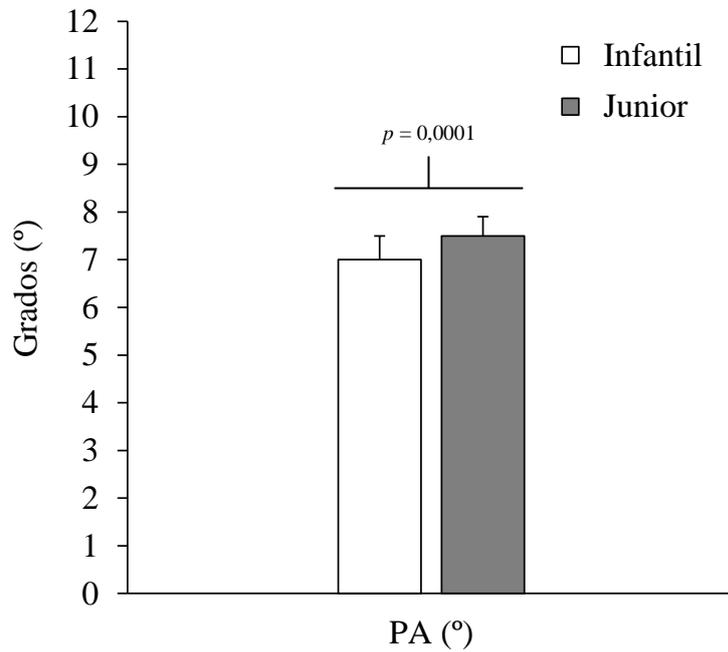


Figura 4.20. Diferencias entre categorías en relación a los valores directos de ángulo fase bioeléctrico (PA).

#### 4.4.3 COMPARACIÓN INTRA-GRUPOS

En relación a los objetivos planteados en el presente estudio (apartado 2.2.2.4), a continuación se muestran los resultados del comportamiento de las variables bioeléctricas entre el inicio y la finalización de una sesión de entrenamiento en natación sincronizada, para cada categoría (infantil y júnior). Los instrumentos y el método de valoración realizado (apartado 3.2.2.4), así como el procedimiento para la obtención de datos (apartado 3.2.5), se han descrito previamente en los correspondientes apartados.

#### 4.4.3.1 RESISTENCIA

Tabla 4.32. Valores de resistencia pre-post sesión de entrenamiento en natación sincronizada, para ambas categorías (infantil y júnior).

	PRE	POST	Valor $\Delta$ (%)	t-test (t)	Valor p (p)
Categoría Infantil (n=34)					
R ( $\Omega$ )	529,5 $\pm$ 46,1	548,8 $\pm$ 48,5	3,7 $\pm$ 3,0	-7,251	0,0001
R/h ( $\Omega$ /m)	328,4 $\pm$ 38,8	340,5 $\pm$ 41,0	3,7 $\pm$ 3,0	-7,104	0,0001
Categoría Júnior (n=15)					
R ( $\Omega$ )	498,5 $\pm$ 35,1	518,5 $\pm$ 38,9	4,0 $\pm$ 3,3	-4,870	0,0001
R/h ( $\Omega$ /m)	299,9 $\pm$ 21,6	311,9 $\pm$ 23,4	4,0 $\pm$ 3,3	-4,864	0,0001

R = resistencia; h = talla; p<0,05 (t-test PRE vs. POST).

#### 4.4.3.2 REACTANCIA

Tabla 4.33. Valores de reactancia pre-post sesión de entrenamiento en natación sincronizada, para ambas categorías (infantil y júnior).

	PRE	POST	Valor $\Delta$ (%)	t-test (t)	Valor p (p)
Categoría Infantil (n=34)					
Xc ( $\Omega$ )	64,4 $\pm$ 5,1	67,7 $\pm$ 5,0	5,2 $\pm$ 3,3	-9,193	0,0001
Xc/h ( $\Omega$ /m)	40,0 $\pm$ 4,5	42,0 $\pm$ 4,6	5,2 $\pm$ 3,3	-8,905	0,0001
Categoría Júnior (n=15)					
Xc ( $\Omega$ )	65,8 $\pm$ 2,9	70,2 $\pm$ 4,8	6,6 $\pm$ 3,9	-6,447	0,0001
Xc/h ( $\Omega$ /m)	39,6 $\pm$ 2,2	42,2 $\pm$ 3,4	6,6 $\pm$ 3,9	-6,352	0,0001

Xc = reactancia; h = talla; p<0,05 (t-test PRE vs. POST).

#### 4.4.3.3 MÓDULO DE BIOIMPEDANCIA

Tabla 4.34. Valores de bioimpedancia pre-post sesión de entrenamiento en natación sincronizada, para ambas categorías (infantil y júnior).

	PRE	POST	Valor $\Delta$ (%)	t-test (t)	Valor p (p)
Categoría Infantil (n=34)					
Z ( $\Omega$ )	533,4 $\pm$ 46,2	553,0 $\pm$ 48,6	3,7 $\pm$ 3,0	-7,178	0,0001
Categoría Júnior (n=15)					
Z ( $\Omega$ )	502,8 $\pm$ 35,0	523,3 $\pm$ 39,0	4,1 $\pm$ 3,3	-4,928	0,0001

Z= bioimpedancia; p<0,05 (t-test PRE vs. POST).

#### 4.4.3.4 ÁNGULO FASE

Tabla 4.35. Valores de ángulo fase pre-post sesión de entrenamiento en natación sincronizada, para ambas categorías (infantil y júnior).

	PRE	POST	Valor $\Delta$ (%)	t-test (t)	Valor p (p)
Categoría Infantil (n=34)					
PA ( $\Omega$ )	7,0 $\pm$ 0,5	7,1 $\pm$ 0,5	1,5 $\pm$ 2,5	-2,863	0,007
Categoría Júnior (n=15)					
PA ( $^\circ$ )	7,5 $\pm$ 0,4	7,7 $\pm$ 0,4	2,4 $\pm$ 3,3	-2,909	0,011

PA= ángulo fase;  $p < 0,05$  (t-test PRE vs. POST).

#### 4.4.3.5 ANÁLISIS DEL VECTOR DE BIOIMPEDANCIA (BIVA)

La Figura 4.21 describe el comportamiento pre-post sesión de entrenamiento del vector de bioimpedancia, para ambas categorías de nadadoras (infantil y júnior). En ambas categorías, se observa una predominancia en situarse entre el percentil 75-95% en comparación con las elipses de tolerancia de la población femenina de referencia (Piccoli et al., 1995). Tal y como se muestra en ambos gráficos Pre-Post T (cambios pre-post sesión de entrenamiento), tanto para la categoría infantil ( $T^2=87,02$ ;  $p=0,0001$ ), como para la categoría júnior ( $T^2=44,90$ ;  $p=0,0001$ ), los cambios bioeléctricos inducidos por cada sesión de entrenamiento, son significativos. La proporción del cambio, para cada variable bioeléctrica que condiciona el comportamiento del vector (R/h y Xc/h), queda reflejada en los valores delta ( $\Delta\%$ ), mostrados para la resistencia en la Tabla 4.32 y para la reactancia en la Tabla 4.33. Los resultados indican la sensibilidad del vector de bioimpedancia a la hora de detectar cierto grado de deshidratación inducido por la sesión de entrenamiento en natación sincronizada, independientemente de la categoría competitiva analizada.

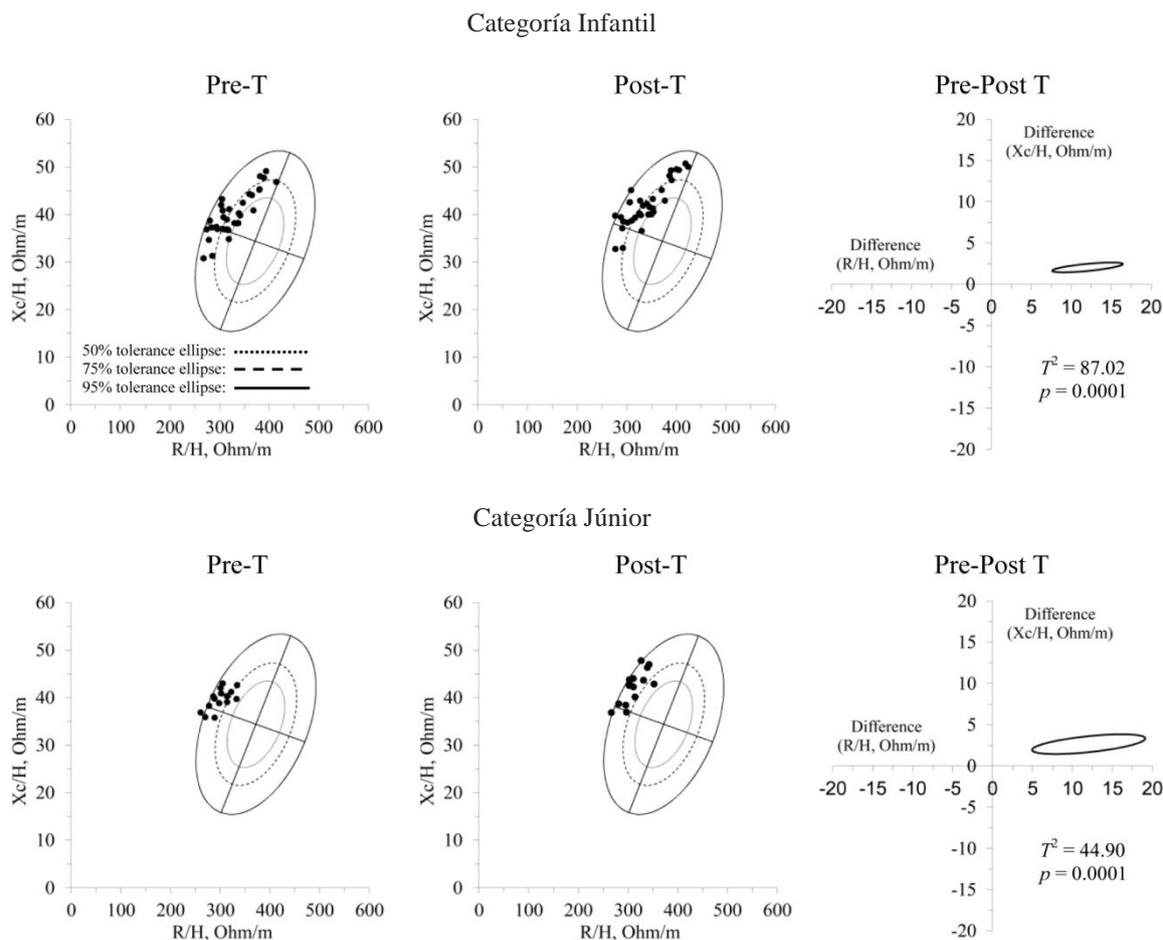


Figura 4.21. Distribución individual de los valores bioeléctricos que condicionan el comportamiento del vector bioeléctrico ( $X_c/h$  /  $R/h$ ), pre-sesión (Pre-T) y post-sesión (Post-T) de entrenamiento, para cada categoría de nadadoras de natación sincronizada, y comportamiento del cambio Pre-Post T (pre-post sesión).

#### 4.4.4 ANÁLISIS CORRELACIONAL DEL VECTOR (BIA)

La posible relación del comportamiento de los componentes del vector de bioimpedancia ( $R/h$  y  $X_c/h$ ) con los decrementos de peso (apartado 4.2.3) y los cambios en el agua corporal (agua total, agua intracelular, agua extracelular) inducidos por la sesión de entrenamiento en ambas categorías de nadadoras, es analizada en la Tabla 4.36. Adicionalmente, se destacan aquellas correlaciones significativas, en la Figura 4.22.

Tabla 4.36. Correlaciones estadísticas entre los valores delta ( $\Delta\%$ ) de los componentes del vector bioeléctrico (R/h y Xc/h), el peso y los compartimentos de agua corporal.

		Peso	ACT	AIC	AEC
		( $\Delta\%$ , kg)	( $\Delta\%$ , l)	( $\Delta\%$ , l)	( $\Delta\%$ , l)
Categoría Infantil					
R/h ( $\Delta\%$ , $\Omega_m$ )	<i>r</i>	0,08	-0,23	-0,02	-0,46
	<i>p</i>	0,66	0,19	0,90	0,01 *
Xc/h ( $\Delta\%$ , $\Omega_m$ )	<i>r</i>	0,07	-0,28	-0,07	-0,43
	<i>p</i>	0,70	0,11	0,68	0,01 *
Categoría Júnior					
R/h ( $\Delta\%$ , $\Omega_m$ )	<i>r</i>	-0,41	-0,28	-0,03	-0,47
	<i>p</i>	0,13	0,31	0,93	0,02 *
Xc/h ( $\Delta\%$ , $\Omega_m$ )	<i>r</i>	-0,46	-0,28	0,11	-0,66
	<i>p</i>	0,09	0,32	0,70	0,01 *

R = resistencia; Xc = reactancia; h = talla; ACT = agua corporal total; AIC = agua intracelular; AEC = agua extracelular;  $\Delta\%$  = diferencias porcentuales PRE-POST sesión de entrenamiento; *r* = Coeficiente de Pearson;  $p < 0,05$ .

Únicamente el comportamiento del agua extracelular parece mantener una relación, en este caso inversamente proporcional, con el comportamiento de los componentes del vector (Tabla 4.36). Esto significa que, el decremento de agua extracelular inducido durante la sesión de entrenamiento (apartado 4.5.3.3), parece estar relacionado con un aumento significativo tanto de la resistencia como de la reactancia, es decir, con la migración del vector bioeléctrico en longitud (R) y altura (Xc), respectivamente (Figura 4.21), para ambas categorías. Estos resultados ratifican la sensibilidad del vector de bioimpedancia a la hora de detectar estados moderados de deshidratación, en este caso en nadadoras de natación sincronizada de diferentes categorías competitivas.

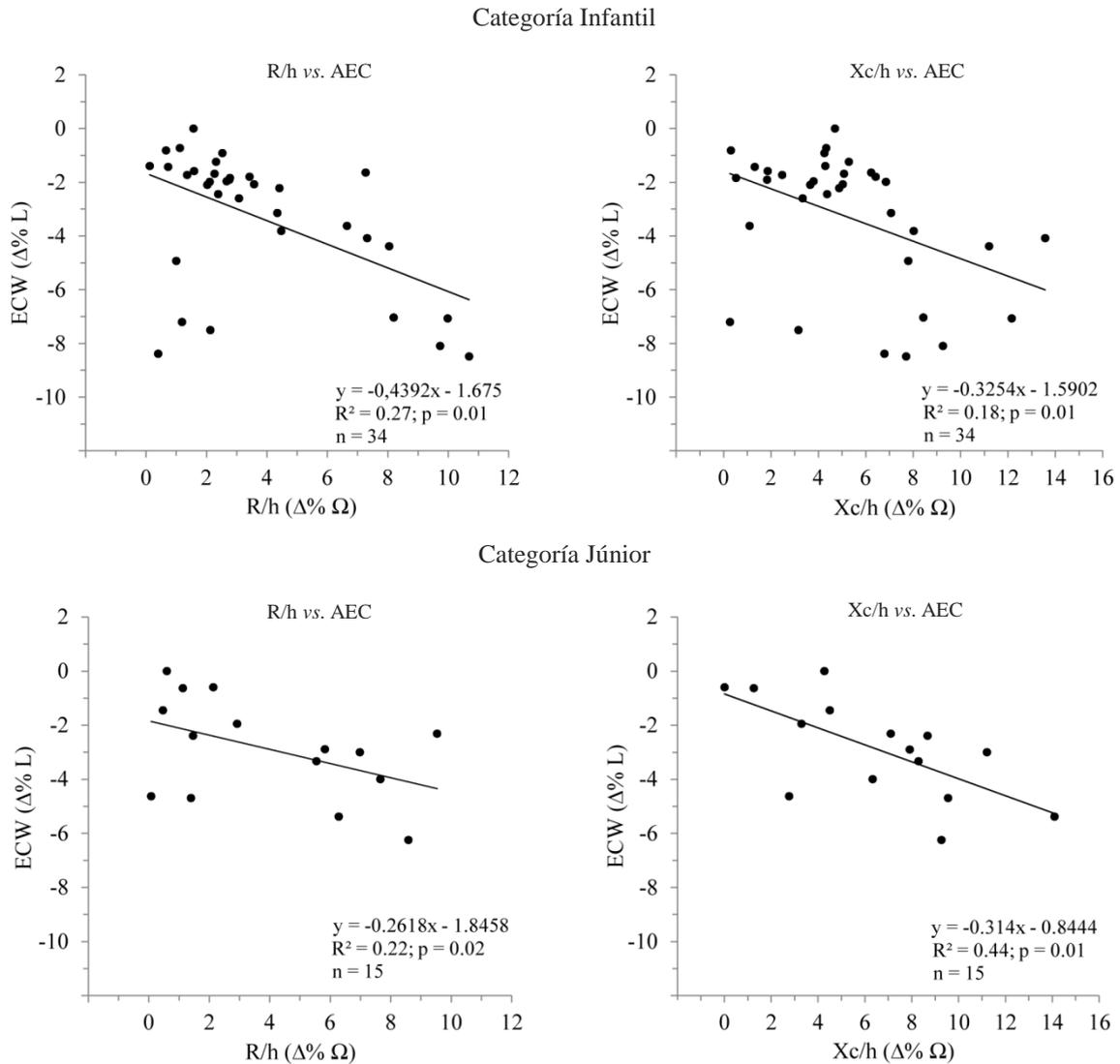


Figura 4.22. Correlaciones significativas entre el comportamiento (valores delta - Δ% -) de los componentes del vector bioeléctrico (R/h y Xc/h) y el agua extracelular (AEC) tras una sesión de entrenamiento en natación sincronizada, para cada categoría de nadadoras analizada.

## 4.5 Valoración hídrica

La valoración hídrica consta de diferentes variables (n=6) que se detallan en el correspondiente apartado (apartado 3.3.1.5). Tal y como se expresa en los objetivos específicos del presente estudio (apartado 2.2.2.5), y se ha comentado en la introducción de la anterior valoración bioeléctrica (apartado 4.4), la valoración hídrica se utilizó, además de para caracterizar el estado de hidratación de la muestra objeto de estudio, para valorar los posibles cambios hídricos y consecuentes procesos de deshidratación

inducidos por una sesión tipo de entrenamiento, ajustada a las características de cada categoría analizada de nadadoras (infantil y júnior). Adicionalmente, se estableció como objetivo valorar posibles relaciones del comportamiento del vector bioeléctrico (apartado 2.2.2.4), con las modificaciones en los distintos compartimentos hídricos corporales inducidos por dicha sesión de entrenamiento.

## 4.5.1 ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS

### 4.5.1.1 AGUA CORPORAL TOTAL

Tabla 4.37. Agua corporal total (ACT).

	Todas (n=49)				Categoría infantil (n=34)				Categoría júnior (n=15)			
	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx
ACT (L)	32,6	5,1	22,6	41,8	31,0	4,9	22,6	40,5	36,1	3,4	30,4	41,8
ACT (%)	66,4	4,3	56,1	79,2	65,8	4,8	56,1	79,2	67,7	2,8	61,3	71,5

$\bar{x}$  = promedio; sd = desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo; ACT = agua corporal total.

### 4.5.1.2 AGUA CORPORAL INTRACELULAR

Tabla 4.38. Agua corporal intracelular (AIC).

	Todas (n=49)				Categoría infantil (n=34)				Categoría júnior (n=15)			
	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx
AIC (L)	18,9	3,4	12,7	25,3	17,7	3,1	12,7	24,0	21,5	2,2	17,9	25,3
AIC (%)	38,4	3,3	31,7	48,4	37,5	3,4	31,7	48,4	40,3	2,1	35,6	43,1

$\bar{x}$  = promedio; sd = desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo; AIC = agua intracelular.

### 4.5.1.3 AGUA CORPORAL EXTRACELULAR

Tabla 4.39. Agua corporal extracelular (AEC).

	Todas (n=49)				Categoría infantil (n=34)				Categoría júnior (n=15)			
	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx	$\bar{x}$	sd	Min	Máx
AEC (L)	13,7	1,9	9,9	17,3	13,3	1,9	9,9	16,7	14,6	1,3	12,5	17,3
AEC (%)	28,0	1,7	24,4	31,9	28,3	1,9	24,4	31,9	27,4	1,0	25,7	28,9

$\bar{x}$  = promedio; sd = desviación estándar; Min = valor mínimo; Máx = valor máximo; AEC = agua extracelular.

## 4.5.2 COMPARACIÓN INTER-GRUPOS

### 4.5.2.1 AGUA CORPORAL TOTAL

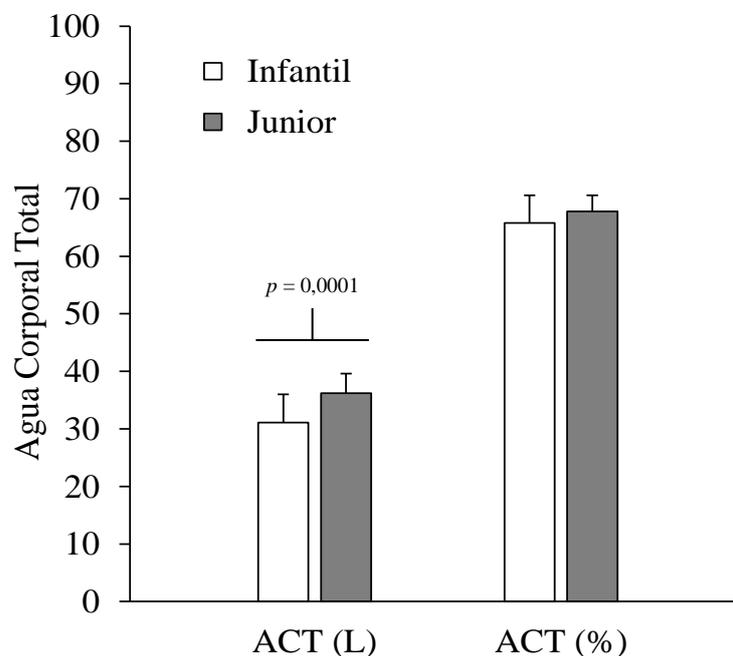


Figura 4.23. Diferencias entre categorías en relación a los valores absolutos (L) y porcentuales (%) del agua corporal total (ACT).

#### 4.5.2.2 AGUA CORPORAL INTRACELULAR

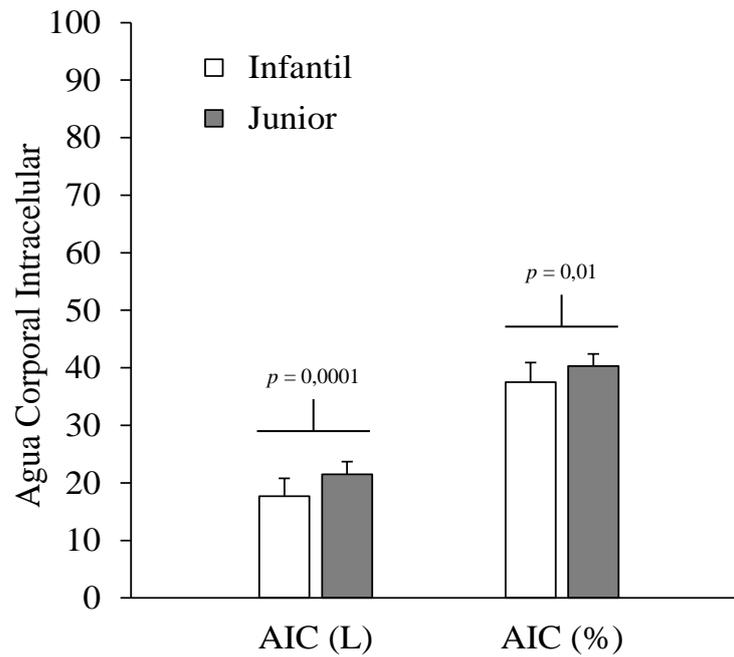


Figura 4.24. Diferencias entre categorías en relación a los valores absolutos (L) y porcentuales (%) del agua corporal intracelular (AIC).

#### 4.5.2.3 AGUA CORPORAL EXTRACELULAR

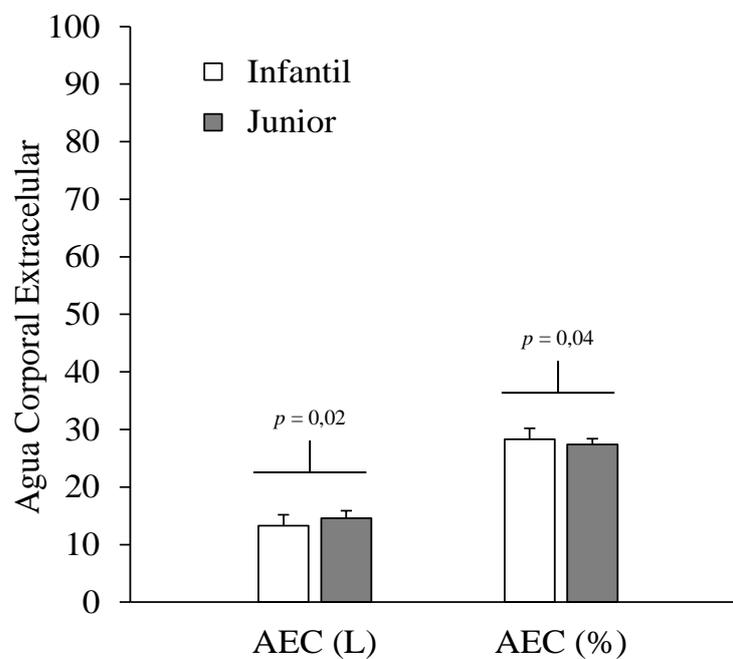


Figura 4.25. Diferencias entre categorías en relación a los valores absolutos (L) y porcentuales (%) del agua corporal extracelular (AEC).

## 4.5.3 COMPARACIÓN INTRA-GRUPOS

### 4.5.3.1 AGUA CORPORAL TOTAL

Tabla 4.40. Valores de agua corporal total (ACT) pre-post sesión de entrenamiento en natación sincronizada, para ambas categorías (infantil y júnior).

	PRE	POST	Valor $\Delta$ (%)	t-test (t)	Valor p (p)
Categoría Infantil (n=34)					
ACT (L)	31,1 $\pm$ 4,9	30,0 $\pm$ 4,9	-3,5 $\pm$ 2,2	8,687	0,0001
ACT (%)	65,8 $\pm$ 4,8	64,0 $\pm$ 4,4	-2,7 $\pm$ 2,3	6,663	0,0001
Categoría Júnior (n=15)					
ACT (L)	36,2 $\pm$ 3,4	34,8 $\pm$ 3,5	-3,8 $\pm$ 1,4	10,758	0,0001
ACT (%)	67,8 $\pm$ 2,8	65,6 $\pm$ 2,9	-3,3 $\pm$ 1,4	8,912	0,0001

ACT = agua corporal total; p<0,05 (t-test PRE vs. POST).

### 4.5.3.2 AGUA CORPORAL INTRACELULAR

Tabla 4.41. Valores de agua corporal intracelular (AIC) pre-post sesión de entrenamiento en natación sincronizada, para ambas categorías (infantil y júnior).

	PRE	POST	Valor $\Delta$ (%)	t-test (t)	Valor p (p)
Categoría Infantil (n=34)					
AIC (L)	17,7 $\pm$ 3,1	17,1 $\pm$ 3,1	-3,5 $\pm$ 2,8	7,074	0,0001
AIC (%)	37,5 $\pm$ 3,4	36,5 $\pm$ 3,2	-2,8 $\pm$ 2,9	5,426	0,0001
Categoría Júnior (n=15)					
AIC (L)	21,5 $\pm$ 2,2	20,6 $\pm$ 2,2	-4,4 $\pm$ 1,9	9,234	0,0001
AIC (%)	40,3 $\pm$ 2,1	38,8 $\pm$ 2,2	-3,9 $\pm$ 2,0	7,481	0,0001

AIC = agua corporal intracelular; p<0,05 (t-test PRE vs. POST).

### 4.5.3.3 AGUA CORPORAL EXTRACELULAR

Tabla 4.42. Valores de agua corporal extracelular (AEC) pre-post sesión de entrenamiento en natación sincronizada, para ambas categorías (infantil y júnior).

	PRE	POST	Valor $\Delta$ (%)	t-test (t)	Valor p (p)
Categoría Infantil (n=34)					
AEC (L)	13,3 $\pm$ 1,9	12,9 $\pm$ 1,9	-3,3 $\pm$ 2,5	7,285	0,0001
AEC (%)	28,3 $\pm$ 1,9	27,5 $\pm$ 1,7	-2,5 $\pm$ 2,5	5,885	0,0001
Categoría Júnior (n=15)					
AEC (L)	14,6 $\pm$ 1,3	14,2 $\pm$ 1,4	-2,9 $\pm$ 1,8	6,199	0,0001
AEC (%)	27,4 $\pm$ 1,0	26,8 $\pm$ 1,1	-2,4 $\pm$ 1,7	5,358	0,0001

AEC = agua corporal extracelular; p<0,05 (t-test PRE vs. POST).

## **5 DISCUSIÓN**

## **5.1 Valoración nutricional**

### **5.1.1 VALIDEZ DEL REGISTRO ALIMENTARIO**

Evaluar de manera válida la ingesta de alimentos durante las etapas de la infancia y la adolescencia es una de las máximas prioridades para aquellos estudios cuyo objetivo es determinar los hábitos alimentarios que conforman los primeros años de vida de una persona (Burrows et al., 2010; Jeacocke & Burke, 2010), y que han demostrado poseer una relación directa con los hábitos que se conformarán en la vida adulta (Birch & Fisher, 1998; Scaglioni et al., 2008).

En relación a los distintos instrumentos para valorar los hábitos alimentarios (encuesta cualitativa, cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos, cuestionario de ingesta típica mediante entrevista individualizada, registro de pesado de alimentos, cuestionario de hábitos generales y preferencias...), el registro alimentario durante 24 horas mediante recordatorio, con un mínimo de 3 días pero idealmente entre 7 y 14 días a la semana (Nelson et al., 1989; Ma et al., 2009), parece haberse demostrado válido y fiable tanto para niños/as como para jóvenes adolescentes (Burrows et al., 2010).

Con todo, conviene advertir sobre sus limitaciones, ya que la información facilitada resulta ser válida y fiable únicamente para periodos de tiempo muy concretos y relativamente cortos (Martín-Moreno & Gorgojo, 2007), adecuándose preferentemente para estudios de corte transversal (Illner et al., 2012). En este mismo sentido, se recomienda tener cierta cautela a la hora de interpretar posibles resultados, tanto de la energía consumida, generalmente subestimada (Ma et al., 2009), como de la ingesta de nutrientes con un elevado coeficiente de variación, como es el caso de la Vitamina B<sub>12</sub>, la Vitamina A, o los Betacarotenos, que en función de la edad o el sexo

pueden presentar diferencias entre el 150% y el 300% (Beaton et al., 1983; Nelson et al., 1989).

Expertos en los métodos, bases científicas y aplicaciones para la valoración de los hábitos alimentarios, señalan la necesidad de establecer un análisis previo sobre el nivel de validez y fiabilidad del instrumento utilizado (control de calidad del dato), proceso previo a cualquier interpretación de resultados (Serra-Majem & Aranceta, 2006; Jeacocke & Burke, 2010). Efectivamente, las particularidades de la muestra objeto de estudio, el modo de administración, y el propio diseño del registro, conforman posibles fuentes de error que deben controlarse (Souverein et al., 2011).

En el presente estudio, los resultados obtenidos constatan un nivel de concordancia entre el tipo y porción de alimentos, muy elevado (Figura 4.1) registrándose valores significativos tanto del coeficiente de Kappa ( $r \geq 0,75$ ;  $p < 0,0001$ ) como del de Spearman ( $r \geq 0,85$ ;  $p < 0,0001$ ). Esto, en todos los casos y de manera independiente al momento de la comida (desayuno – comida – cena), a la categoría competitiva (infantil y júnior), o al tipo y porción de alimento consumido.

Posibles causas que hubieran podido condicionar estos resultados, son: a) en el caso de aquellas nadadoras de menor edad, el hecho de haber contado con la ayuda de los padres a la hora realizar el recordatorio de 24 horas, tal y como la literatura relacionada aconseja (Gibson, 2005); b) gran parte de las nadadoras, esta vez las de mayor edad, conformaban parte de la Selección Nacional Española, lo que representa en este caso entrenar en un mismo lugar (*Centro de Tecnificación de Esplugues de Llobregat, Residencia Joaquim Blume*) y vivir juntas, hecho que les condiciona tener que comer juntas en un entorno conocido y con una variedad de alimentos y tamaño de las porciones, relativamente conocido; c) la investigadora del presente estudio fue la única persona responsable de su diseño, distribución, y en general explicación y

seguimiento del registro alimentario, circunstancia que evitó fuentes de error derivadas tanto de la posible interacción interobservadores (Beaton et al., 1983; Holmes et al., 2008).

## **5.1.2 FIABILIDAD DEL REGISTRO ALIMENTARIO**

### **5.1.2.1 INTRASUJETO**

De la misma manera que en el caso del análisis de la validez, el grado de concordancia intrasujeto entre la primera y la segunda respuesta del registro alimentario, es muy elevada, constatándose por lo tanto la fiabilidad de los resultados obtenidos (Tabla 4.3 y Tabla 4.4). De nuevo, ni el momento de la comida (desayuno – comida – cena), la categoría competitiva (infantil y júnior), o el tipo y porción de alimento consumido, parecen estar influenciadas por alguna de las posibles fuentes de error descritas en el anterior apartado (apartado 5.1.1).

### **5.1.2.2 INTERSUJETO**

Los resultados obtenidos constatan, de nuevo en este caso, una elevada concordancia en la respuesta intersujeto entre cada una de las tres nadadoras, de cada categoría deportiva, integradas en cada uno de los cuatro grupos establecidos (Tabla 4.5 y Tabla 4.6). En todos los casos, tanto los valores del coeficiente de Kappa ( $r \geq 0,73$ ;  $p < 0,0001$ ), como los del coeficiente de Spearman ( $r \geq 0,80$ ;  $p < 0,0001$ ), ratifican la idoneidad metodológica de la construcción, distribución y resultados arrojados por el instrumento utilizado.

### 5.1.3 BALANCE ENERGÉTICO

De un adecuado equilibrio entre el gasto y la ingesta energética se genera un correcto balance energético (Burke et al., 2006). Una ingesta energética adecuada para el deportista es aquella que se asegure un óptimo peso corporal, es decir, aquél peso que permita un óptimo rendimiento competitivo y maximice las posibilidades de prestación deportiva durante las sesiones de entrenamiento (Marques-López & Babio-Sánchez, 2013). En cuanto al gasto energético, y más allá de los requerimientos asociados a las necesidades fisiológicas básicas de las personas, en el caso de los/las deportistas éste depende, fundamentalmente, de dos factores (Maughan & Burke, 2011): 1) el tipo de práctica deportiva; 2) las características del propio deportista. De manera relacionada a la tipología de deporte (o tipo de esfuerzo), el gasto energético será consecuencia del nivel de carga que cada deportista asuma en cuanto a variables de ésta se refiere: volumen (tiempo, series, repeticiones, ejercicios...), intensidad (peso, fuerza, potencia, frecuencia cardiaca,  $VO_{2max}$ , esfuerzo percibido...), densidad (frecuencia de entrenamiento, relación entre el tiempo de trabajo y el tiempo de pausa...). Por otra parte, las características del propio deportista también condicionarán el comportamiento del gasto energético (genética, edad, sexo, estado físico y mental...).

Estas circunstancias deben hacer entender la enorme complejidad, y por lo tanto la dificultad asociada, a la hora no sólo de valorar, sino de forma especial a la hora de comparar cualquier tipo de resultado entre estudios previamente publicados sobre balance energético en deportistas. Ejerciendo dicha cautela, del único estudio que reporta datos sobre balance energético en nadadoras de natación sincronizada (Ebine et al., 2000), y cuyas características se han detallado previamente (apartado 1.3.1.1), se observan ciertos aspectos susceptibles a ser discutidos:

- 1) El gasto energético, obtenido mediante el método de agua doblemente marcada en 9 nadadoras japonesas de categorías júnior y sénior del equipo nacional, se situó en  $2738 \pm 672$  kcal/día. Estos valores son próximos a las  $2849,9 \pm 278,0$  kcal/día registradas en las nadadoras infantiles analizadas, y significativamente inferiores a las  $4175,5 \pm 307,9$  kcal/día registradas en las nadadoras júnior. El hecho de haber pasado ya más de 12 años (tres ciclos olímpicos), del estudio de Ebine y colaboradores, con toda probabilidad justifique dichas diferencias en la categoría júnior, manteniéndose todavía hoy valores semejantes exclusivamente cuando los entrenamientos constan de 1 sesión al día a razón de 5 días por semana, como es el caso de la categoría infantil. En cambio, cuando se accede a la realidad actual del más alto nivel en este deporte (Selección Española de categoría júnior), la comparación ayuda a entender la enorme evolución de este deporte, condicionado por unas exigencias cada vez mayores que necesariamente obligan a soportar mayores cargas de entrenamiento (Tabla 3.1) y por lo tanto unas condiciones de gasto energético muy elevadas y ciertamente difíciles de poder ser compensadas.
- 2) La ingesta energética registrada en las nadadoras japonesas, mediante registro alimentario de 24 horas (1 día), se situó en  $2128 \pm 395$  kcal/día. Estos valores son próximos, tanto a las  $2351,5 \pm 278,1$  kcal/día registradas en las nadadoras infantiles españolas, como a las  $2259,6 \pm 381,4$  kcal/día registradas en la categoría júnior. Estos resultados advierten que, si bien el gasto energético ha evolucionado con el tiempo (condicionado por la propia evolución de las demandas de la especialidad), la ingesta energética, en lo que atañe a las nadadoras objeto de estudio de la categoría júnior, no lo ha hecho. Más allá de esto, además resulta preocupante observar la involución del balance energético, establecido en base a la aportación de la ingesta a la energía total consumida: en el estudio del año 2001 el desbalance

a favor del gasto energético se situó en el 22,3%. En el estudio actual los valores de desequilibrio energético son, del 17,5% y 45,9% para las categorías infantil y júnior, respectivamente. Estos datos revelan, especialmente en la categoría júnior, unas condiciones de vida y entrenamiento, que recordemos que son específicas a un momento determinado de la temporada de máxima carga (apartado 3.2.5.2), que no serían compatibles ni con un estado de salud óptimo ni, consecuentemente, con la posibilidad de rendir deportivamente de manera eficaz y eficiente. A este respecto, las características del presente estudio, de diseño transversal y circunscrito exclusivamente a una valoración nutricional, no permite establecer ni las causas ni el previsiblemente “momento de abandono” de estas condiciones a favor de un balance energético compensado, apropiado para estas jóvenes mujeres adolescentes que, recordemos, todavía la gran mayoría se encuentran en etapas de crecimiento, desarrollo y maduración. En todo caso, y tal y como se ha advertido al final del apartado 1.3.1.1, convendría ser especialmente cautelosos cuando dicho desequilibrio se detecta en deportes de elevada predominancia estética vinculada a la mejora de la prestación competitiva, como sucede en el caso de la natación sincronizada (Robertson et al., 2014).

En relación a la comparación inter-grupos, y más allá de la edad cronológica, la principal diferencia a priori entre los dos grupos analizados (nadadoras infantiles y júnior), es el volumen de entrenamiento soportado (Tabla 3.1). Esta circunstancia (infantiles:  $15,0 \pm 2,7$  h/semana vs júnior:  $30,0 \pm 3,8$  h/semana), cuantificada de manera directa y por lo tanto ajustada a la más absoluta realidad, debería condicionar tanto el gasto energético generado, como la consecuente compensación de ingesta energética de cada grupo. La Figura 4.1 muestra las diferencias entre categorías en las variables que intervienen en el balance energético. Se observan diferencias significativas entre el

gasto energético de ambos grupos (infantiles:  $2849,9 \pm 278,0$  kcal/día vs júnior  $4175,5 \pm 307,9$  kcal/día;  $p=0,0001$ ), circunstancia que parece atender a la normalidad debido las comentadas diferencias entre la carga de entrenamiento. Sorprende, sin embargo, no sólo que no existan diferencias significativas a nivel de ingesta calórica entre ambos grupos, sino que los valores de esta variable en la categoría júnior, sean incluso menores (infantiles:  $2351,5 \pm 278,1$  kcal/día vs júnior:  $2259,6 \pm 381,4$  kcal/día).

En relación al balance energético (relación entre ingesta y gasto energético), los resultados del presente estudio muestran que, independientemente de la categoría deportiva, se produce un desequilibrio significativo ( $p = 0,0001$ ) entre la ingesta y el gasto energético, a favor de este último (Figura 4.5). Si bien en el ámbito del alto rendimiento deportivo es reconocida la dificultad, y muchas veces la imposibilidad, de compensar adecuadamente los elevados gastos energéticos que la práctica de ciertos deportes y en ciertos deportistas genera (Burke et al., 2006), no es más cierto que existen una serie de estrategias nutricionales a seguir con el objeto de minimizar las demandas que, en determinados momentos de la temporada, llevan a los/las deportistas al límite (Tsalis et al., 2004; Lundy, 2011). Estrategias tales como una adecuada suplementación, una vez comprobada individualmente la adecuación a una dieta equilibrada, y descartados cualquier tipo de problemas asociados a trastornos de la conducta alimentaria, parece ayudar a soportar, o al menos minimizar, estos picos de carga (Barbany & Lizárraga, 2002; Shaw et al., 2014). El principal problema cuando nos referimos a la necesidad de poseer un adecuado balance energético, reside en los deportes de componente artístico donde la imagen estética condiciona el resultado competitivo (Lundy, 2011). En este caso, los periodos de máxima carga suelen coincidir con momentos en que los/las entrenadores/as exigen, y los deportistas también se exigen, “el mejor estado de forma posible” vinculando muchas veces este concepto a

una imagen corporal tipo, y donde verdaderamente el interés o el foco de atención no se dirige a maximizar la prestación y el rendimiento de los entrenamientos a través de un correcto aporte energético, sino todo lo contrario: la imagen corporal es el indicador del estado de forma, por encima de cualquier otro criterio (Ferrand et al., 2005).

#### **5.1.4 MACRONUTRIENTES**

Tal y como se ha señalado en el correspondiente apartado (apartado 1.3.1.2), las evidencias científicas sobre las necesidades de carbohidratos, proteínas, y grasas en natación sincronizada, son prácticamente inexistentes (Robertson et al., 2014). El hecho de no reportar datos concretos (Ebine et al., 2000), o bien expresarlos de manera muy limitada (Tanaka et al., 2006), condicionan cualquier posible comparación con los resultados del presente estudio. Atendiendo a las principales aportaciones científicas (Tabla 1.15), y a modo de valores de referencia, observamos que las nadadoras objeto de estudio, en lo que hace referencia a la ingesta de hidratos de carbono (HC), se encuentran en el límite inferior del rango de valores correspondientes a los deportes mixtos en mujeres (ACSM, 2000) y a los deportistas adolescentes en general (Burke, 2007): rango de referencia HC = 5,0 – 9,0 g/kg/día; infantiles:  $5,7 \pm 1,3$  g/kg/día; júnior:  $4,9 \pm 1,3$  g/kg/día). La carga de trabajo previamente argumentada, con toda probabilidad superior a la de otros deportes mixtos femeninos (apartado 1.1.2), la etapa de crecimiento, desarrollo y maduración en la que la mayoría de estas nadadoras se encuentran, el hecho de que 23 de las 35 nadadoras infantiles (67,6%) y 12 de las 15 júniores (80,0%) registren valores de ingesta inferiores a 5 g/kg/día, y la descompensación significativa en el balance energético que se ha expresado en el anterior apartado (apartado 5.1.3), sugeriría valorar estrategias nutricionales, en este momento de la temporada de máximas demandas (período precompetitivo), para

incrementar el aporte de HC en la dieta de estas deportistas, y de manera especial, en el grupo de la categoría júnior. De manera relacionada, actualmente es conocida la importancia de los HC en la correcta función muscular (Burke, 2007), circunstancia por la cual, en caso de generarse un déficit, puede derivar tanto en la pérdida de tejido magro (Millward, 2004) como en deficiencias de micronutrientes (Loucks et al., 2011). En natación sincronizada, las nadadoras necesitan maximizar su función muscular, tanto aeróbicamente (apartado 1.2.3.1) como anaeróbicamente (apartado 1.2.3.2), así que este déficit de HC (y consecuentemente de necesidades energéticas) pudiera poseer una connotación aún más grave si cabe, tanto para el rendimiento deportivo como para la integridad de la salud de estas jóvenes deportistas. Por otra parte, pese a que actualmente se reconoce que en la dieta debe existir un aporte energético proveniente de los HC entorno al 50-60% (Loucks et al., 2011), ya empiezan a surgir nuevas recomendaciones de autores de referencia (Jeukendrup, 2013a), que señalan tanto la necesidad de incrementar estos valores, como el hecho de reconocer que se debe seguir investigando por las múltiples variables que condicionan una estimación rigurosa de la necesidad de HC en el aporte dietético de los/las deportistas. En el presente estudio, no existe ningún caso en que se haya registrado un aporte de HC igual o superior al 60,0%. Todo lo contrario, el 85,7 % (n=30) y el 60,0% (n=9) de las nadadoras infantiles y júnior, respectivamente, se sitúan en valores por debajo del 50% en HC. Adicionalmente, la proporción de carbohidratos simples y complejos (Tabla 4.8) no parece adecuarse a las características de una dieta saludable (Figura 4.6), con una proporción aconsejada menor al 10,0% de CH simples y entorno al 45,0% en CH complejos (Serra-Majem & Aranceta, 2006). Los resultados muestran una relación de HC simples de  $20,6 \pm 3,1$  % y de HC complejos de  $24,6 \pm 5,7$  % en las nadadoras infantiles, y de  $18,8 \pm 4,9$  % (HC simples) y de  $27,2 \pm 7,2$  % (HC complejos) en las

nadadoras júnior (Tabla 4.8). Con esto, las nadadoras objeto de estudio no únicamente registran un déficit cuantitativo de necesidades energéticas vía HC, sino que además gran parte de este aporte no es saludable, siempre en relación con los principios generales de una dieta equilibrada (Williams, 2002). Atendiendo a la comparación inter-grupo, no se observan ingestas estadísticamente diferentes entre categorías cuando los valores de HC son expresados porcentualmente, ni en el valor global ni cuando se indican las cantidades de HC simples y complejos (Figura 4.2). Sí se hallan diferencias significativas ( $p < 0,04$ ), cuando los valores de HC se expresan en g/kg/día, circunstancia que parece razonable dadas las diferencias significativas de peso a favor de las nadadoras júnior y que se pueden comprobar en la Tabla 4.10 y Figura 4.9. En todo caso, sí que se han hallado estudios previos en deportistas adolescentes femeninas en los que se ha detectado un déficit de aporte energético en la dieta, principalmente por unos bajos niveles de ingesta de HC (Farajian et al., 2004; Kabasakalis et al., 2007; Montfort-Streiger & Williams, 2007). En este sentido, revisiones actuales coinciden en señalar la necesidad de aumentar el conocimiento nutricional de estas jóvenes deportistas generando programas de educación nutricional, acciones educativas aplicadas tanto a una población que ya se considerada de riesgo, como a sus respectivos entrenadores/as y núcleo familiar (Heaney et al., 2011).

En relación a las proteínas, una correcta aportación proteica es fundamental en la dieta del joven deportista (Poortmans & Dellalieux, 2000). Tal y como se ha argumentado previamente (apartado 1.3.1.2), las recomendaciones de ingesta proteica en este perfil poblacional son ligeramente superiores a los de la población adulta (Tabla 1.15), principalmente por la etapa de crecimiento y desarrollo madurativo en el que se encuentran, y por las propias demandas de la especialidad deportiva (Burke, 2007). Los resultados del presente estudio señalan una ingesta de proteínas diaria notablemente

superior a los valores recomendados para este perfil poblacional (Burke, 2007): de 1,3-1,7 g/kg/día. Así las nadadoras infantiles registran  $2,5 \pm 0,6$  g/kg/día y las nadadoras júnior:  $2,2 \pm 0,4$  g/kg/día. Además, el 100% de las nadadoras se sitúa por debajo del 50% de aporte de proteínas de origen vegetal, y por encima en relación a las proteínas de origen animal (Figura 4.6). Actualmente se reconoce que una dieta con valores de ingesta proteica significativamente superiores a los recomendados para cada perfil poblacional, no reporta beneficios directos sobre el rendimiento deportivo (ACSM, 2000). Por otra parte, no existe un posicionamiento claro al respecto de posibles afectaciones adversas a medio-largo plazo derivadas de la utilización sistematizada de dietas hiperprotéicas. Mientras que estudios de referencia indican que, por debajo de 2,8 g/kg/día parecen no existir efectos renales adversos en deportistas (Poortmans & Dellalieux, 2000), otros estudios actuales realizados a nivel de laboratorio con animales, han documentado que un uso prolongado de este tipo de dietas generaría en el riñón un proceso de hiperfiltrado de urea que a su vez condicionaría un aumento del calcio que, a modo de mecanismo compensatorio para equilibrar la acidez proteica, podría promover la aparición de cálculos renales (Aparicio et al., 2013). En todo caso, actualmente se reconoce la existencia de este tipo de prácticas (dietas con restricción calórica y un exceso de ingesta proteica, generalmente de origen animal y por lo tanto de grasas saturadas) tanto en la población general como en la población deportista, cuando el objetivo es ajustar el peso con relativa rapidez, con independencia de no conocer los posibles efectos adversos derivados (Farajian et al., 2004; Kabasakalis et al., 2007; Heaney et al., 2011). En este sentido, al no existir posibilidad metabólica para el almacenamiento de proteínas, un consumo elevado podría condicionar los siguientes efectos adversos sobre la salud (Barbany, 2012): 1) aumento de la concentración plasmática de amonio, siendo éste precursor de procesos de elevada toxicidad orgánica

que podrían comprometer las funciones neuronales, cardiovasculares y respiratorias; 2) sobrecarga hepática y renal, debido a que el amoníaco es convertido por el hígado en urea para disminuir su toxicidad y así poder ser eliminado por el riñón; 3) inducción a procesos de deshidratación, resultantes de la necesidad de aumentar la diuresis para compensar la dilución de la urea y el exceso de amoníaco en la orina; 4) inducción a procesos de desmineralización ósea, al neutralizar el amonio de la orina mediante la utilización de fosfatos y reduciendo así los depósitos minerales de fosfato cálcico en el hueso; 5) inducción a procesos de hiperuricemia, generalmente por el exceso de proteínas de origen animal, con un volumen elevado de purinas metabolizadas finalmente en forma de ácido úrico. De manera relacionada, la baja proporción de proteína vegetal en la dieta de las nadadoras (sin colesterol y con menos grasas saturadas), debería ser valorada con especial atención. Un correcto equilibrio en su ingesta comportaría generalmente la introducción de una serie de vitaminas, sales minerales, oligoelementos, fitoquímicos y de fibra, beneficiosos para la salud (Conti & Macchi, 2013). Por otra parte, dado el reducido valor biológico de las proteínas vegetales, debería incluirse en la dieta la complementación proteica, para obtener proteínas de alto valor biológico, bajas en grasas saturadas y sin colesterol, tal y como se argumenta en el correspondiente apartado de conclusiones (apartado 6).

En relación a los lípidos, conviene señalar que conforman un componente esencial para la dieta, ya que proporcionan energía y elementos esenciales como las vitaminas A, D y E (Barbany & Lizárraga, 2002). Por su elevado rendimiento calórico, se destinan principalmente al almacenamiento de energía, siendo el principal combustible del músculo, tanto en estado de reposo como durante la realización de ejercicio de larga duración e intensidad moderada (Eisenmann, 2002). Los resultados del presente estudio constatan la tendencia sucedida en la población general, donde la

aportación de grasas saturadas en la dieta es exagerada (Barbany, 2012). En este caso, prácticamente todas las nadadoras sobrepasan el 10% de ingesta diaria de grasas saturadas, no cumplen con los requerimientos de ingesta de grasas monoinsaturadas y poliinsaturadas, y consumen valores superiores a 300 mg/día de colesterol. Este contexto dietético, en caso de no reorientarse, podría derivar a medio-largo plazo en la aparición de múltiples patologías vasculares - arterioesclerosis e hipertensión, principalmente - y metabólicas – diabetes – (Durstine et al., 2001). Situación, además, que se ha reportado como ciertamente preocupante en el caso de aquellos deportistas que, una vez producido el cese de su carrera deportiva, continúan con unos malos hábitos dietéticos mientras que el gasto energético se ve reducido exponencialmente (Durstine et al., 2002).

### **5.1.5 FIBRA DIETÉTICA**

Las nadadoras infantiles registran una ingesta de fibra dietética de  $21,9 \pm 4,0$  g/día, y las júniores de  $21,1 \pm 3,5$  g/día, valores que, en comparación con las recomendaciones actuales de fibra dietética (20 - 38 g/día), sitúan al 41,2% de las infantiles (n=14) y al 46,7% de las júniores (n=7) por debajo de los 20 g/día. Este déficit dietético, más allá de los posibles efectos sobre la salud aplicables a la población general (Anderson et al., 2009), no permitiría aprovechar a dichas nadadoras las funciones beneficiosas de la fibra dietética en relación al ejercicio físico (Barbany, 2012) y que previamente han sido argumentadas (apartado 1.3.1.3).

### **5.1.6 MICRONUTRIENTES**

Tal y como se ha argumentado en el apartado correspondiente (apartado 1.3.1.4), existen ciertos micronutrientes que se consideran los más deficitarios en el deporte de

alto rendimiento (Rodríguez et al., 2009): vitaminas ( $\beta$ -carotenoides, vitaminas del complejo B, vitaminas C, D y E); minerales (calcio, hierro, zinc, magnesio, selenio). De todos ellos, en el presente estudio se constatan déficits moderados únicamente de dos vitaminas ( $\beta$ -carotenoides y vitamina B<sub>9</sub>), y de todos los minerales a excepción del selenio. A este respecto, la posible comparación con estudios anteriores de natación sincronizada no es posible, principalmente porque todavía no se han analizado dichos parámetros en esta especialidad deportiva (Robertson et al., 2014). Adicionalmente, si se analizan posibles diferencias entre ambas categorías competitivas, se observan diferencias significativas en las vitaminas A, E, K y B<sub>1</sub>, siempre con una ingesta superior en el caso de las nadadoras júniores (Figura 4.3). No se han observado diferencias entre ambas categorías en la ingesta de minerales. En todo caso, 25 nadadoras (51,0% de la muestra total), registran un déficit de  $\beta$ -carotenoides, importante antioxidante que contribuye a disminuir el daño muscular producido por la peroxidación lipídica, condicionando así una mejor tolerancia de la carga de entrenamiento (Goldfarb, 1999). Por otra parte, 31 nadadoras (63,3% de la muestra total), registran un déficit en la ingesta de vitamina B<sub>9</sub>, coenzima que promueve la eritropoyesis optimizando el proceso metabólico de entrega de oxígeno a los músculos durante el ejercicio (Williams, 1989) y, adicionalmente, disminuyendo los niveles de homocisteína, aminoácido que interviene en la coagulación de la sangre y que en niveles altos puede estimular la formación de trombos intravasculares (Mattson et al., 2002). Finalmente, si al déficit de ácido fólico, le sumas una dieta que se ha constatado en las nadadoras objeto de estudio, excesiva en grasas saturadas y colesterol (apartado 5.1.4), se entiende y justifica de manera determinante la necesidad de implementar programas de educación nutricional, tanto a ellas mismas como a sus padres, madres y entrenadoras, para reorientar cuanto antes una situación de desequilibrio que podría condicionar negativamente la salud de

las nadadoras a medio, largo plazo y, de manera especial, una vez finalizada su trayectoria deportiva (Durstine et al., 2002). En lo que respecta a los minerales, las principales funciones de aquellos que han sido objeto de estudio en el deporte, han sido destacadas en la Tabla 1.18. Los resultados muestran cómo 21 nadadoras (42,9%) registran déficits de calcio en su dieta, mineral decisivo en el proceso de mineralización ósea, optimización de la transmisión nerviosa, y estimulación del metabolismo de las grasas (Davies et al., 2000), circunstancias todas ellas por las cuales deberían ser cubiertas sus necesidades con premura en las nadadoras objeto de estudio, condicionadas tanto por la etapa de crecimiento, desarrollo y maduración en la que se encuentran, como por la propia carga de entrenamiento soportada (Tabla 3.1). El siguiente mineral que registra un elevado déficit en la dieta del 85,7% de las nadadoras (n=42), es el hierro. Esta circunstancia, valorada junto a los resultados expuestos sobre este mineral en la valoración hematológica y bioquímica (apartado 5.3.5), donde se describen con cierta claridad determinados casos de anemia ferropénica, debería ser tomada como prioritaria a la hora de abordar cualquier propuesta dietética y nutricional. En este sentido, pese a la importancia fundamental y reiterada que en la presente investigación se ha dado al concepto de “*educar antes de suplementar*”, el contexto dibujado por los resultados de este mineral invitarían a tener que tomar medidas de suplementación extraordinarias en algunos casos. Todo, para lograr compensar con cierta diligencia las necesidades de hierro de estas jóvenes deportistas femeninas (Brutsaert et al., 2003). El siguiente mineral deficitario en el 98,0% de las nadadoras (n=48) es el magnesio, cuyas principal función es promover la activación de las enzimas implicadas en la síntesis proteica favoreciendo el metabolismo energético a través de una mejora en la disponibilidad del ATP (Lukaski, 2001; Bohl & Volpe, 2002; Nielsen & Lukaski, 2006). El zinc y el sodio, son los siguientes minerales desequilibrados en

todas las nadadoras objeto de estudio. El primero por su déficit, y el segundo por su exceso en la dieta. El zinc es un constituyente de las enzimas implicadas en la digestión, interviene en el sistema inmunitario, y reduce la incidencia de las infecciones de las vías respiratorias altas, circunstancia bien caracterizada en deportistas que realizan entrenamientos de elevada carga, como es el caso de las nadadoras objeto de estudio (Singh et al., 1994; Gleeson & Bishop, 2000b; Gibson et al., 2002). Finalmente, una dieta excesiva en sodio deberá ser equilibrada, principalmente por los siguientes motivos (Adler et al., 2014; Stolarz-Skrzypek & Staessen, 2015): a) evitar una excesiva excreción urinaria de calcio que, como se ha constatado, es deficitario ya de por sí en la dieta de las nadadoras; b) minimizar problemas renales derivados de una sobrecarga excesiva de los riñones por la necesidad de sintetizar y excretar dicho mineral; c) evitar cualquier posible contexto de hipertensión arterial, patología que en el caso de las nadadoras de natación sincronizada sujetas a continuas apneas, podría condicionar situaciones de todavía mayor riesgo cardiovascular (Dujic & Breskovic, 2012).

## **5.2 Valoración somática**

### **5.2.1 DIMENSIONES CORPORALES**

Atendiendo a valores de referencia de la población española, las nadadoras objeto de estudio, independientemente de la categoría deportiva en la que compitan, se clasifican en el percentil 75 de la talla, y en el percentil 25 del peso. Cuando es la natación sincronizada la referencia, para hallar valores sobre determinadas variables antropométricas en la categoría júnior, o bien debemos trasladarnos más de 30 años atrás (Poole et al., 1980), o bien debemos basarnos en la comparación con estudios realizados con nadadoras de un rendimiento competitivo significativamente menor a la de la presente muestra de estudio (Palha de Oliveira et al., 2007). Además, atendiendo a

la edad cronológica de  $14,4 \pm 0,5$  años, reportada por el estudio de Poole y colaboradores (1980), dicho estudio debería servir exclusivamente para comparar sus valores con los de las nadadoras analizadas de la categoría infantil ( $13,9 \pm 0,9$  años). En relación a esta categoría, únicamente se han encontrado dos estudios relativamente actuales susceptibles de poder ser comparados. Éstos son el publicado con nadadoras japonesas infantiles de  $13,4 \pm 1,0$  años (Tanaka et al., 2006) y el publicado con nadadoras griegas infantiles de  $13,8 \pm 0,1$  años (Bante et al., 2007). Así, se observa que las nadadoras españolas de la categoría infantil son más altas y más pesadas que sus compañeras orientales y helénicas (Japón: talla:  $160,2 \pm 3,5$  cm, peso:  $45,5 \pm 2,2$  kg; Grecia: talla:  $160,1 \pm 1,2$  cm, peso:  $44,8 \pm 1,6$  kg; España: talla:  $161,9 \pm 8,2$  cm, peso:  $47,2 \pm 7,0$  kg). Pese a que en primera instancia, pudiera sorprender la elevada desviación estándar registrada en el conjunto de nadadoras analizadas en el presente estudio, debe entenderse que, mientras que las nadadoras japonesas y griegas fueron únicamente 9 y 8 respectivamente, y todas ellas integrantes de un solo conjunto, las nadadoras españolas han sido 34, pertenecientes a diferentes clubes deportivos (apartado 3.1). Cuando son las dimensiones corporales de las nadadoras júnior las comparadas, y prácticamente de manera única se reportan datos sobre nadadoras séniores (Tabla 1.2), nuevamente debemos referirnos a un criterio de edad cronológica. Así, la edad de las nadadoras júnior del presente estudio ( $16,7 \pm 0,9$  años), hace que únicamente puedan ser comparadas con las nadadoras canadienses (Jamnik, 1986):  $17,9 \pm 0,3$ ; japonesas (Yamamura et al., 1999):  $17,2 \pm 1,7$  años; inglesas (Ramsay & Wolman, 2001):  $17,1 \pm 1,9$  años; francesas (Ferrand et al., 2007):  $17,3 \pm 2,2$  años; brasileñas (Palha de Oliveira et al., 2007):  $16,5 \pm 1,6$  años; croatas (Peric et al., 2014): 16 – 17 años . A este respecto, las nadadoras españolas son más altas ( $168,4 \pm 5,0$  cm), que las canadienses ( $167,9 \pm 0,9$  cm), japonesas ( $159,7 \pm 6,0$  cm), inglesas ( $165,0 \pm 7,0$

cm), francesas ( $166,0 \pm 0,5$  cm), brasileñas ( $162,0 \pm 3,1$  cm) y croatas ( $166,5 \pm 7,0$  cm). Las cada vez más exigentes demandas de la especialidad (RFEN 2013-17), tanto a nivel de ejecución técnica y dificultad de elementos, pero sobre todo por el componente de impresión artística, podrían ser motivo de dichos valores (Zenic et al., 2010). En el peso, en cambio, las nadadoras españolas resultan ser más pesadas ( $54,9 \pm 4,3$  kg) que las nadadoras japonesas ( $50,6 \pm 5,3$  kg), registrar pesos semejantes con las nadadoras francesas ( $54,5 \pm 4,9$  kg) y brasileñas ( $55,3 \pm 5,2$  kg), y ser más delgadas que las canadienses ( $58,9 \pm 1,0$  kg), inglesas ( $55,7 \pm 6,9$  kg), y croatas ( $58,1 \pm 6,3$  kg). Con todo, conviene tener cierta cautela a la hora de interpretar estos resultados, básicamente por no poseer indicadores precisos de edad biológica, y por la imposibilidad de comparar estadísticamente los resultados. En este sentido, además de no poseer la totalidad del rango de valores de cada estudio (valor individual de cada nadadora), la escasa muestra no aconsejaría asumir a priori una distribución normal de la muestra. Si se valoran las diferencias inter-grupos, es decir, entre categorías (Figura 4.9), las diferencias significativas de talla y peso a favor de la categoría superior (categoría júnior) parecen ajustarse a lo esperado para mujeres de las cuales existen, aproximadamente, 3 años de diferencia en cuanto edad cronológica se refiere (Tabla 3.1). En cuanto a las diferencias intra-grupo, tal y como se ha justificado en el apartado correspondiente (apartado 4.2.3), la caracterización del peso se realizó exclusivamente para relacionarla con la valoración del vector bioeléctrico pre-post sesión de entrenamiento. Es por este motivo que la discusión se realizará en el apartado correspondiente a la valoración bioeléctrica (apartado 5.4).

## **5.2.2 PLIEGUES CUTÁNEOS**

Según nuestro conocimiento, el presente estudio es el primero en reportar datos extensos sobre valores directos de tejido adiposo en nadadoras de natación sincronizada (pliegues tricípital, subescapular, Ileocrestal, supraespinal, abdominal, muslo anterior, pierna medial). El valor que aportan los pliegues cutáneos, en milímetros, es esencial para el conocimiento de la composición corporal de cualquier persona ya que, más allá de la utilización de ecuaciones predictivas siempre susceptibles de poseer índices de error elevados, y de forma especial en deportistas, la información de cada pliegue y de su correspondiente sumatorio aporta una información válida y fiable, y por lo tanto comparable tanto a nivel intra como intersujeto (Claessens et al., 1993). En este sentido, las diferencias entre los dos grupos de nadadoras analizadas refleja la existencia de diferencias significativas exclusivamente a nivel del pliegue abdominal (infantil:  $9,8 \pm 1,8$  mm vs júnior:  $12,0 \pm 2,7$  mm;  $p=0,009$ ). Pese a que la comparación con otros deportes femeninos resulta difícil, principalmente por las características propias de la natación sincronizada (apartado 1.1.2), sí conviene destacar que, bajo una perspectiva transversal, los valores de cada uno de los pliegues son bajos, tanto en las nadadoras de la categoría infantil como especialmente en las de categoría júnior. Esto, cuando son comparados tanto con valores internacionales (Bante et al., 2007) como con valores de referencia de población deportista femenina española (Cabañas & Esparza, 2009).

## **5.2.3 DIÁMETROS Y PERÍMETROS CORPORALES**

Según nuestro conocimiento, hasta ahora únicamente cuatro estudios publicados en medios internacionales indexados, han caracterizado el perfil antropométrico de las nadadoras de natación sincronizada aportando valores de ciertos diámetros y perímetros corporales (Hawes & Sovak, 1990; Carter & Ackland, 1994; Yamamura et al., 1999;

Bante et al., 2007). Pese a constatarse una diferencia cercana a los tres años de edad entre ambas muestras, y una diferencia cronológica de más de más de dos décadas entre publicaciones (Tabla 1.2), conviene destacar el estudio realizado por Carter y Ackland (1994), que evaluaron antropométricamente a 137 nadadoras sénior de máximo nivel competitivo y de diferentes países, obteniendo valores perimetrales muy semejantes a los del presente estudio, a excepción del muslo (Tabla 4.13): brazo relajado (internacionales:  $27,3 \pm 1,7$  cm; españolas:  $26,9 \pm 1,6$  cm); brazo flexionado en tensión (internacionales:  $28,4 \pm 1,6$  cm; españolas:  $27,8 \pm 1,9$  cm); muslo (internacionales:  $49,0 \pm 2,7$  cm; españolas:  $41,7 \pm 2,0$  cm); pierna (internacionales:  $33,3 \pm 1,6$  cm; españolas:  $33,4 \pm 1,5$  cm). Por otra parte, atendiendo a los valores registrados en nadadoras japonesas sénior de  $17,2 \pm 1,7$  años (Yamamura et al., 1999), se observa: perímetro del brazo relajado (japonesas:  $26,0 \pm 1,3$  cm; españolas:  $26,9 \pm 1,6$  cm), perímetro del muslo (japonesas:  $50,8 \pm 2,4$  cm; españolas:  $41,7 \pm 2,0$  cm), perímetro de la pierna (japonesas:  $33,1 \pm 1,8$  cm; españolas:  $33,4 \pm 1,5$  cm). Se constata, por lo tanto, un perímetro de muslo significativamente más reducido en las nadadoras analizadas en el presente estudio, una vez comparados con los valores reportados por la literatura internacional (Carter & Ackland, 1994; Yamamura et al., 1999). Con todo, cabe advertir sobre el hecho de haber pasado más de 3 y 5 ciclos olímpicos desde los estudios de Yamamura y colaboradores (1999) y Carter & Ackland (1994), respectivamente. Esta circunstancia, más allá de condicionar cualquier tipo de valoración, sí podría advertir sobre una tendencia de dimensionalidad corporal, fruto de la ya argumentada evolución de la modalidad (apartados 1.1.1; 1.1.2; 1.2.1). Finalmente, por lo que respecta al estudio realizado con nadadoras griegas, estos son los valores susceptibles de ser comparados, siempre bajo el criterio de poseer semejantes edades cronológicas (Bante et al., 2007): diámetro biepicondíleo del húmero (griegas infantiles:  $5,5 \pm 0,1$

cm, griegas séniores:  $5,6 \pm 0,1$  cm; españolas infantiles:  $5,6 \pm 0,3$  cm; españolas jóvenes:  $6,1 \pm 0,2$  cm), diámetro bicondíleo del fémur (griegas infantiles:  $8,2 \pm 0,1$  cm, griegas séniores:  $8,8 \pm 0,1$  cm; españolas infantiles:  $8,0 \pm 0,4$  cm; españolas jóvenes:  $9,0 \pm 0,3$  cm), perímetro del brazo relajado (griegas infantiles:  $22,4 \pm 0,3$  cm, griegas séniores:  $25,4 \pm 0,4$  cm; españolas infantiles:  $25,5 \pm 1,4$  cm; españolas jóvenes:  $26,9 \pm 1,6$  cm), perímetro del muslo (griegas infantiles:  $42,9 \pm 0,6$  cm, griegas séniores:  $47,2 \pm 0,9$  cm; españolas infantiles:  $38,0 \pm 2,3$  cm; españolas jóvenes:  $41,7 \pm 2,0$  cm), perímetro de la pierna (griegas infantiles:  $27,4 \pm 0,4$  cm, griegas séniores:  $30,8 \pm 1,0$  cm; españolas infantiles:  $31,0 \pm 2,3$  cm; españolas jóvenes:  $33,4 \pm 1,5$  cm). Según estos datos, y teniendo en cuenta que prácticamente han transcurrido dos ciclos olímpicos entre ambos estudios, y más de una y dos décadas de los realizados por Chu (1999) y Hawes y Sovak (1990) respectivamente, puede concluirse la existencia de un perfil antropométrico, en cuanto a diámetros y perímetros corporales se refiere, semejante en relación a los primeros, y con ciertas diferencias en los segundos. A este respecto, debemos recordar que los diámetros están determinados básicamente por un componente genético (estructura ósea) y que los perímetros están, además, altamente condicionados por el entorno (relación cuantitativa y cualitativa de la gestión del gasto, léase proceso de entrenamiento, y la ingesta, léase hábitos dietéticos y nutricionales. Se observa en todo caso que los brazos de las nadadoras españolas son de mayor perímetro mientras que los muslos lo son de menor. Los perímetros de la pierna (pantorrilla medial), en cambio, son más elevados en el caso de las nadadoras españolas. Por otra parte, atendiendo al análisis entre categorías, se observa cómo las nadadoras junior poseen todos los diámetros (Figura 4.11) y perímetros corporales (Figura 4.12) significativamente superiores a los de sus compañeras en la categoría infantil. Pese a que la diferencia de edad cronológica debería responder normalmente a dichas

diferencias, profundizar más en la discusión resultaría complejo, principalmente por no haber podido aportar datos de edad biológica, y por tratarse éste de un diseño de corte transversal (apartado 3.3.1) que impediría establecer cualquier tipo de relación “causa-efecto” entre ambas categorías. En todo caso, está bien documentado que la composición corporal de las nadadoras, estimada mediante múltiples ecuaciones de regresión donde se utilizan los valores diametrales y perimetrales del cuerpo entre otros, condiciona el índice de flotabilidad de éstas, factor que a su vez influye sobre el rendimiento del nado en todas las disciplinas acuáticas (Kjendlie et al., 2004; Cohen et al., 2014). Es por esto, y por haber sido documentado con anterioridad (Carter & Ackland, 1994; Peric et al., 2014), que tanto perímetros como diámetros corporales deberían valorarse con especial atención al poseer una relación directa con el rendimiento deportivo en natación sincronizada.

#### **5.2.4 COMPOSICIÓN CORPORAL**

Si bien recientemente se han analizado los factores que condicionan el rendimiento en natación sincronizada (Bante et al., 2007; Peric et al., 2014), el perfil antropométrico ideal de la nadadora de natación sincronizada todavía no ha sido establecido (Lundy, 2011; Robertson et al., 2014). Atendiendo a los resultados obtenidos de masa grasa (Tabla 4.14), y una vez comparados con los de la literatura internacional susceptibles a ser comparados según la edad cronológica (Tabla 1.2), se observa que las nadadoras júnior españolas registran los valores más bajos de masa grasa ( $17,7 \pm 2,1\%$ ), con la excepción de los valores del equipo croata (Peric et al., 2014):  $15,1 \pm 2,0\%$ . Por su parte, los valores del  $16,3 \pm 3,3\%$  de masa grasa de las nadadoras infantiles, parecen situarse en el promedio de los valores registrados en las nadadoras japonesas (Tanaka et al., 2006):  $16,3 \pm 2,3\%$ , y por debajo de los valores registrados en las nadadoras griegas

de esta categoría (Bante et al., 2007):  $23,1 \pm 0,8\%$ . A este respecto, deben considerarse los hallazgos realizados por Peric y colaboradores (2014), en los que recientemente han constatado una relación inversamente proporcional entre masa grasa y rendimiento competitivo en la rutina de solo, aconsejando tanto a nadadoras como a entrenadores, tomar especial atención en este sentido. Pese a lo argumentado hasta ahora, la comparación entre los diferentes estudios (Tabla 1.2) debe realizarse con cierta cautela, ya que la utilización de diferentes métodos de valoración, así como también el uso de diferentes ecuaciones antropométricas de predicción estimativa, podrían llegar a condicionar el resultado final de manera significativa (Rolland-Cachera et al., 1997; Claessens et al., 2001; Porta et al., 2009). En relación al resto de variables de composición corporal analizadas en el presente estudio, conviene hacer referencia al estudio de Bante y colaboradores (2007) en relación al sumatorio de 6 pliegues: (infantiles griegas:  $74,5 \pm 3,2$  mm; séniores griegas:  $76,1 \pm 4,9$ ; infantiles españolas:  $63,6 \pm 14,1$  mm; júniore españolas:  $70,6 \pm 10,5$  mm). A este respecto, los datos ratifican la menor presencia de masa grasa de las deportistas españolas. Por su parte, en relación a la masa muscular, las nadadoras españolas júniore registran un  $43,1 \pm 2,2\%$ , valores superiores cuando son comparados con nadadoras séniores canadienses:  $37,9 \pm 1,7\%$  (Hawes & Sovak, 1990), pero inferiores a los del equipo nacional griego:  $45,6 \pm 1,0\%$  (Bante et al., 2007). El único estudio hallado que reporta valores de masa ósea de nadadoras de natación sincronizada es el realizado por Hawes y Sovak (1990), registrando un  $14,5 \pm 0,8\%$ . Dichos valores son inferiores a los de la muestra júniore objeto de estudio ( $17,8 \pm 1,1\%$ ). Por otra parte, al establecer un análisis inter-grupos (Figura 4.13), se constata la no existencia de diferencias significativas en los valores porcentuales de ninguna variable de composición corporal, pero sí en términos absolutos de masa libre de grasa (infantiles:  $39,6 \pm 6,3$  kg; júniore:  $45,2 \pm 3,2$  kg;

$p=0,0001$ ), y áreas musculares de brazos (infantiles:  $3,8 \pm 0,6$  cm<sup>2</sup>; júnior:  $4,3 \pm 0,5$  cm<sup>2</sup>;  $p=0,017$ ) y muslos (infantiles:  $8,7 \pm 1,3$  cm<sup>2</sup>; júnior:  $10,5 \pm 1,0$  cm<sup>2</sup>;  $p=0,0001$ ). La mayor dimensionalidad de las nadadoras de la categoría superior justificaría normalmente la existencia de tales diferencias. Sorprende sin embargo, la no existencia de diferencias significativas entre los valores absolutos del sumatorio de pliegues (infantiles:  $63,6 \pm 14,1$  mm; júnior:  $70,6 \pm 10,5$  mm;  $p=$ ). El propio tamaño muestral en ambos grupos, así como una desviación estándar relativamente elevada en ambos casos, podrían explicar esta circunstancia.

### **5.2.5 SOMATOTIPO**

Según nuestro conocimiento, hasta ahora la información somatotípica de la nadadora de natación sincronizada es escasa (Carter & Ackland, 1994; Chu, 1999; Bante et al., 2007). Carter y Ackland (1994), registraron un perfil somatotípico endo-mesomórfico: 3,3 / 3,5 / 3,1. En el estudio publicado con nadadoras rusas (Chu, 1999), se registró una preponderancia del componente endomórfico sobre el mesomórfico y ectomórfico, situándose en un perfil meso-endomórfico: 3,8 / 3,3 / 3,2. El estudio publicado con nadadoras griegas (Bante et al., 2007), tanto en la categoría infantil (2,7 / 1,5 / 4,3) como en la categoría sénior (2,9 / 1,9 / 3,4) se registró un somatotipo de preponderancia ectomórfica, situándose en un perfil endo-ectomórfico. En comparación con éste último estudio, que tanto por fecha de publicación como por franja de edad de las nadadoras es el único susceptible de poder ser comparado, las nadadoras españolas infantiles son ectomórficas balanceadas (2,8 / 2,7 / 4,3) y las júniores mesomórficas ectomórficas (2,8 / 3,5 / 3,7). En todos los casos, se observa una participación activa del componente ectomórfico, circunstancia cercana a otros deportes artísticos técnico-combinatorios, como por ejemplo la gimnasia rítmica, de perfil meso-ectomórfico (Irurtia et al., 2009).

Con todo, convendría analizar hasta qué punto la prevalencia del componente endomórfico registrado en algunos casos podría explicarse a partir de considerar a la natación sincronizada como ser una modalidad de medio acuático donde se ha demostrado que el índice de flotabilidad está altamente condicionado por el tejido adiposo y, consecuentemente, posee una relación directa con el rendimiento deportivo de las nadadoras de natación sincronizada (Peric et al., 2014). Por otra parte, cuando el objetivo es establecer una comparación inter-grupos (Figura 4.14), se observa que únicamente es el componente mesomórfico el que registra diferencias significativas ( $p=0,014$ ), circunstancia normal si se atiende a las diferencias también existentes a nivel del área muscular del brazo (Figura 4.13), variable que determina el resultado final del segundo componente somatotípico (mesomorfismo). Finalmente, la somatocarta de cada una de las categorías expresa una dispersión somatotípica moderada, concentrándose la mayoría de somatopuntos de manera homogénea, pero constatando la presencia de somatotipos dispersos. Tal y como se ha argumentado anteriormente (apartado 1.2.2), si bien es cierto que a medida que el rendimiento aumenta, el perfil somático se concentra, no es menos cierto que las características de un deporte de máxima uniformidad somática posible tanto en la modalidad de dúo como en la de equipo, pese a advertirse que, especialmente en el equipo, aquellas nadadoras con protagonismo acrobático dentro de las rutinas competitivas registran pesos y tallas corporales menores, mientras que las que actúan como impulsoras en la configuración de ciertas acrobacias, sus dimensiones son mayores (Lundy, 2011).

## **5.2.6 PROPORCIONALIDAD**

Los índices de proporcionalidad aportan información sobre la relación corporal entre determinadas longitudes, diámetros y perímetros corporales. No se ha hallado

información específica sobre índices proporcionales en natación sincronizada, más allá del índice de masa corporal (IMC), que registra unos valores de  $18,0 \pm 1,9 \text{ kg/m}^2$  en el caso de la categoría infantil, y  $19,4 \pm 1,4 \text{ kg/m}^2$  en la categoría júnior. Según estos valores, y siguiendo el criterio de la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2015), las nadadoras se clasificarían en delgadez (infantiles) y normalidad (júniors), respectivamente. Atendiendo a valores de referencia de la población española (Fernández et al., 2011), las nadadoras objeto de estudio, independientemente de la categoría deportiva en la que compitan, se clasifican en el percentil 25 del índice de masa corporal (IMC). Cuando nos referimos a estudios anteriormente publicados con nadadoras de natación sincronizada de edades cronológicas aproximadas (Tabla 1.2), se observan valores más bajos en el único estudio hallado en la categoría infantil (Bante et al., 2007):  $17,4 \pm 0,4 \text{ kg/m}^2$ , semejantes en relación a las nadadoras séniores francesas (Ferrand et al., 2007):  $19,8 \pm 1,5 \text{ kg/m}^2$ , y más elevados en el resto de estudios publicados susceptibles de ser comparados con las nadadoras españolas de la categoría júnior (Ramsay & Wolman, 2001; Peric et al., 2014). Una vez esto, conviene advertir sobre las limitaciones del IMC a la hora de utilizarlo, tanto cuando se pretende comparar muestras de edades diferentes, como cuando se le requiere como índice epidemiológico a utilizar en deportistas, cuya composición corporal generalmente es significativamente diferente a la de la población normal (Garrido et al., 2006). En cuanto a las diferencias intra-grupo, y tal y como se ha justificado en el apartado sobre dimensiones corporales en el caso del peso (apartado 5.2.1), la caracterización del IMC se realizó exclusivamente para relacionarla con la valoración del vector bioeléctrico pre-post sesión de entrenamiento. Es por este motivo que la discusión se realizará en el apartado correspondiente a la valoración bioeléctrica (apartado 5.4).

## **5.3 Valoración hematológica y bioquímica**

### **5.3.1 SERIE ROJA**

Tanto en el recuento eritrocitario ( $4,3 \pm 0,2$  mill/mm<sup>3</sup>), como en la hemoglobina ( $12,4 \pm 0,5$  g/dL), las nadadoras júniores analizadas registran valores considerados normales (Tabla 4.18). No obstante, puede observarse como dichos valores se sitúan en la parte baja de dicho rango de normalidad (eritrocitos: 4 – 5 mill/mm<sup>3</sup>; hemoglobina: 12 – 16 g/dL). Por su parte, el hematocrito registrado ( $37,9 \pm 1,8$  %) es menor al rango de valores considerado como normal (39 – 48 %). Dado que el volumen corpuscular medio (VCM), cuyo rango de normalidad se sitúa entre el 80 – 105  $\mu\text{m}^3$ , registra en las nadadoras un valor relativamente centrado y/o equilibrado ( $88,1 \pm 3,8$   $\mu\text{m}^3$ ), y no ha sido posible determinar la existencia de cambios en el volumen plasmático, debería acudir a valorar adicionalmente otros indicadores relacionados con el metabolismo del hierro para poder conformar un mejor criterio a la hora de pronosticar posibles riesgos de cuadros anémicos (apartado 5.3.5).

### **5.3.2 SERIE BLANCA**

Tanto a nivel de deporte recreacional, como en un contexto de alto rendimiento deportivo bien planificado, actualmente se reconocen los efectos positivos del ejercicio físico sobre el sistema inmune, concretamente sobre la leucocitosis (Walsh et al., 2011a, 2011b). No obstante, especialmente en corredores de resistencia y/o en aquellos deportistas que diariamente soportan volúmenes de trabajo submáximos o máximos, como es el caso de la natación sincronizada, se han descrito efectos adversos en dicho sistema de defensa, transitorios por un periodo de 24 horas si la recuperación entre sesiones de entrenamiento es adecuada, o crónica si la carga no está siendo bien asimilada y el deportista entra en sobreentrenamiento (Hackney & Koltun, 2012). En

todo caso, las adaptaciones del sistema inmune al ejercicio físico intenso apuntan, principalmente, a un incremento en la cifra de neutrófilos (Robson et al., 1999; Peake, 2002), y una disminución en la de linfocitos y eosinófilos (Shek et al., 1995; Ronsen et al., 2001; Mooren et al., 2004). En el caso de las nadadoras júniores analizadas, éstas se encuentran dentro de los rangos de normalidad de cada una de las variables analizadas (Tabla 1.6). No se describe, por lo tanto, un condicionamiento del sistema inmune a la carga de entrenamiento soportada por las nadadoras (Tabla 4.19). Esto, no obstante, pese advertirse reducidos valores de neutrófilos no segmentados ( $0,3 \pm 0,6 \%$ ) que podrían indicar déficits de vitamina B<sub>12</sub> y ácido fólico (Hackney & Koltun, 2012), en este último caso como se constata en el apartado 4.1.6.2.

### **5.3.3 SERIE PLAQUETARIA**

La disfunción plaquetaria está condicionada por el estilo de vida, jugando un rol protagonista en la enfermedad coronaria aguda, angina inestable e infarto (Lee & Lip, 2003). Existe una asociación significativa entre ejercicio físico y activación plaquetaria (Drygas, 1988; El-Sayed et al., 2004, 2005). Concretamente, se ha demostrado que el ejercicio físico de alta intensidad (de componente anaeróbico), y también aquél que exige grandes y extenuantes volúmenes de trabajo (de componente aeróbico), tal y como podría ser la natación sincronizada, induce a un estado de hiperreactividad plaquetaria e hipercoagulabilidad con efectos positivos a largo plazo en la prevención de trombosis y determinadas patologías cardiovasculares. No obstante, dichas adaptaciones parecen ser transitorias recuperando los niveles iniciales en un breve periodo de tiempo (Lippi & Maffulli, 2009). Las nadadoras júniores analizadas registran un recuento plaquetario dentro de los valores normales (Tabla 1.7). No se describe, por lo tanto, un

condicionamiento de la función plaquetaria debida la carga de entrenamiento soportada por las nadadoras (Tabla 4.20).

#### **5.3.4 ERITROSEDIMENTACIÓN**

Actualmente, más allá de las normales circunstancias lesionales que toda práctica deportiva conlleva, especialmente en el alto rendimiento deportivo, no se han descrito relaciones entre la práctica de ejercicio físico y adaptaciones específicas relevantes en cuanto a la velocidad de sedimentación globular se refiere. En este sentido, los valores registrados por las nadadoras jóvenes analizadas (Tabla 4.21), se encuentran dentro del rango de normalidad (Tabla 1.8).

#### **5.3.5 METABOLISMO DEL HIERRO**

El ejercicio físico afecta significativamente la hematología eritrocitaria (Pasricha et al., 2014), que a su vez es directamente dependiente del metabolismo del hierro (Robach et al., 2014). Una de las principales alteraciones, es la modificación del comportamiento de la hepcidina, hormona peptídica que regula el metabolismo del hierro y que normalmente disminuye en respuesta al proceso de eritropoyesis para facilitar el aumento de flujo de salida de hierro (Sandström et al., 2014). El entrenamiento de resistencia con cargas elevadas, o aquél de gran volumen sistematizado a lo largo del tiempo, como podría ser el caso de la natación sincronizada, puede generar en la hepcidina el comportamiento contrario, aumentando exponencialmente y resultando, en la mayoría de casos, en un saldo negativo de hierro para el/la deportista (Latunde-Dada, 2013). Dicho déficit de hierro puede derivar, entre otras afecciones, en un proceso de *anemia ferropénica*, muy común no sólo en deportistas (Carlson & Mawdsley, 1986; Chatard et al., 1999b) sino también con gran prevalencia en la población mundial (FAO

& WHO, 2001; WHO, 2015). Tal y como se ha argumentado en el apartado introductorio (apartado 1.2.4), en natación sincronizada se han descrito déficits de ferritina sérica a lo largo de dos temporadas en integrantes del equipo nacional canadiense, llegando a valores de  $24,0 \pm 6,0$  ng/mL, asociadas a una reducción paulatina de la hemoglobina (Roberts & Smith, 1990). Déficit también registrados nadadoras británicas de élite, registrando alguna de ellas valores críticos menores a 25 ng/mL (estudio no publicado, Rossiter, 2009; citado en Lundy 2011). La ferritina es la principal proteína almacenadora de hierro. Su función de fijadora es esencial debido a que dicho mineral, no unido, es tóxico. La ferritina permite almacenarlo en los tejidos y ponerlo a disposición inmediata del organismo para cuando éste lo requiera. Su cuantificación en sangre y fluidos se realiza, básicamente, para diagnosticar posibles anemias ferropénicas. Su valor es proporcional a los depósitos de hierro, indicando consecuentemente la cantidad de hierro disponible en el organismo. Es la mejor prueba, de forma aislada, para reflejar el metabolismo del hierro, pero al ser un reactante de fase aguda pierde valor en procesos inflamatorios y/o infiltrativos (Latunde-Dada, 2013). La ferropenia se caracteriza por tener menos cantidad de hierro para formar hemoglobina, menos cantidad de hemoglobina en los hematíes y, por lo tanto, menor capacidad para transportar oxígeno a los tejidos (Sandström et al., 2014). En este sentido, la relación entre salud y rendimiento físico de la mujer deportista susceptible de padecer anemia ferropénica, ha sido recientemente revisada por la literatura, destacando los siguientes factores como los principales desencadenantes de tal afección (Pasricha et al., 2014; Sandström et al., 2014): menor absorción intestinal; incremento metabólico general con un aumento asociado en la eliminación y/o destrucción de glóbulos rojos; cambios de la resistencia osmótica de los eritrocitos; aumento de radicales libres y ácido láctico; aumento de la temperatura corporal y muscular; menstruación profusa; déficit de hierro

en la dieta. Con todo, el control del metabolismo del hierro como parámetro hematológico resulta de vital importancia en cualquier proceso de valoración y/o monitorización del proceso de entrenamiento en deportistas de tecnificación y alto rendimiento, y más todavía en el caso de la mujer adolescente (Palacios et al., 2009; Dellavalle, 2013; Desbrow et al., 2014), tal y como es el caso que nos ocupa. En este sentido, las nadadoras júniores analizadas (Tabla 4.22) registran un valor promedio de ferritina de  $22,1 \pm 9,4$  ng/mL, valores semejantes a los dos estudios referenciados hasta ahora, y en los que se diagnosticaron sendos cuadros de anemia ferropénica (Roberts & Smith, 1990; Rossiter, 2009, citado en Lundy 2011). Cuando se realiza el necesario ejercicio de valorar individualmente cada uno de los casos, se observa la existencia de 4 nadadoras con valores de ferritina comprendidos entre 32 – 35 ng/mL, 4 nadadoras con valores entre 22 – 27 ng/mL, 5 nadadoras con valores entre 13 – 19 ng/mL, y 2 nadadoras con valores de 6 y 8 ng/mL. Esta circunstancia, junto con los valores registrados del recuento eritrocitario, hemoglobina y hematocrito (apartado 5.3.1), deberían alertar sobre posibles casos de anemia ferropénica, pudiendo ser graves en alguna de las nadadoras y que, en caso de suceder, deberían ser compensados adecuadamente tanto con el hierro presente en la dieta o bien suplementado, siempre bajo el control y la prescripción médica (Hallberg, 1982).

### **5.3.6 GLUCEMIA**

Con carácter general, y pese a que el nivel y comportamiento de la glucemia varían en función del tipo de esfuerzo físico, su volumen e intensidad, y del nivel de preparación del deportista (se optimizan los procesos de utilización de la glucosa), ésta siempre tiende a disminuir durante el esfuerzo prolongado y mantener o aumentar sus valores durante los periodos de recuperación (Jeukendrup, 2010; Banfi et al., 2012). Ante un

estado de déficit significativo (hipoglucemia con valores menores a 60 mg/dL de sangre, originados principalmente por la depleción de las reservas de glucógeno hepático), y dada su estrecha relación con el comportamiento de las hormonas adrenales y pancreáticas que regulan el metabolismo energético, los primeros síntomas son malestar generalizado, abatimiento y sudores fríos, pudiendo llegar incluso a pérdidas de conocimiento (Erlenbusch et al., 2005). Por todo ello, pero especialmente para el/la deportista con grandes exigencias y/o demandas de esfuerzo físico, como podría ser el caso de las nadadoras de natación sincronizada, es absolutamente necesario compensar adecuadamente los déficits generados a través de una correcta nutrición e hidratación, integradas ambas en la dinámica de los propios procesos de entrenamiento y competición (Siu & Wong, 2004; Mondazzi & Arcelli, 2009; Jeukendrup, 2010, 2013). Las nadadoras júniores analizadas registran una glucemia dentro de los valores de normalidad (Tabla 1.10). No se describe, por lo tanto, un condicionamiento del metabolismo de la glucosa debido a la carga de entrenamiento soportada por las nadadoras (Tabla 4.23).

### **5.3.7 FUNCIÓN RENAL**

Generalmente, los incrementos significativos en los valores de urea se deben a un proceso de catabolismo muscular (metabolización de proteínas) generados por un determinado proceso de entrenamiento prolongado que no está siendo asimilado por el/la deportista (Lehmann et al., 1991): 40 - 50 mg/dL, indicaría un estado de sobrecarga que aconsejaría reducir el entrenamiento; >50 mg/dL, indicaría un estado de sobreentrenamiento no asimilable que requeriría un periodo de recuperación de 24 a 48 horas. En este sentido, conviene recordar la importancia del sueño nocturno como generador de todos los procesos anabólicos de recuperación y de homeostasis (Teo et

al., 2011). Finalmente, y de manera especial en el/la deportista por sus mayores demandas nutricionales, conviene considerar la importancia de la dieta en el correcto funcionamiento de la función renal ya que, ante posibles déficits nutricionales (balance energético negativo, deficiencia de vitaminas, o no realización de una dieta equilibrada), ésta se vería comprometida sin poder asegurar la eliminación de toxinas, la regulación de la acidosis, o el mantenimiento del equilibrio hídrico (Tipton, 2011). Pese a registrar valores elevados (Tabla 4.24), especialmente de ácido úrico y creatinina, todas y cada una de las nadadoras nunca llega a sobrepasar los valores tipificados como de normalidad (Tabla 1.11).

### **5.3.8 FUNCIÓN MUSCULAR**

El nivel de intensidad y el tipo de ejercicio físico (excéntrico, concéntrico o isométrico), junto con el nivel de preparación del deportista para poder asimilarlo, son los principales factores que condicionan la cinética tanto de la creatina-fosfoquinasa – CPK – como de la lactato-deshidrogenasa – LDH – (Banfi et al., 2012; Kanda et al., 2014). En el ámbito del rendimiento deportivo, en sujetos sanos sin lesión, elevados valores de CPK y/o LDH indican que ha existido una sollicitación muscular previa pudiendo estar asociada a estados de inflamación localizados y/o microtraumatismos fibrilares (Kanda et al., 2014). Dicho estado de fatiga o daño muscular, en una situación de salud, no estaría asociado necesariamente a un estado de fatiga metabólica, ya que la información referida debería circunscribirse exclusivamente al comportamiento y respuesta muscular (Banfi et al., 2012). Las nadadoras júniores analizadas, sobre los rangos establecidos de CPK para la población general (24 - 170 UI/L) registran valores significativamente superiores ( $511,4 \pm 185,5$  UI/L). Estos datos, lejos de responder según una circunstancia anómala, corresponden normalmente con la elevada sollicitación muscular a la que la

estructura miotendinosa de las nadadoras, se ve sometida. Valores, en todo caso, comúnmente registrados en deportistas en periodos de máxima carga de trabajo y/o sollicitación muscular (Banfi et al., 2012; Kanda et al., 2014). La LDH, por su parte, pese a registrar valores elevados ( $413,4 \pm 46,3$  UI/L), se mantiene dentro de los límites de normalidad (230 – 460 UI/L).

### **5.3.9 FUNCIÓN HEPÁTICA Y VÍAS BILIARES**

Las nadadoras júniores analizadas, sobre los rangos establecidos de bilirrubina y GPT para la población general (Tabla 1.13) registran valores dentro de los rangos de normalidad. Esta circunstancia, en cambio, no se produce en las GOT ( $33,7 \pm 3,5$  UI/L) con 4 de las nadadoras situándose en valores ligeramente superiores a los de la población general (9 – 31 UI/L). Tal y como se ha argumentado, y dada la leve desviación, debe tenerse en cuenta la particularidad de la muestra objeto de estudio, que debido a la propia carga de entrenamiento (Watelet & Bigard, 2005) y la probablemente adaptación enzimática crónica derivada (Lott & Landesman, 1984), podría situar los valores de referencia en un rango superior a los de la población normal. Con esto, y según el resultado del conjunto de variables bioquímicas relacionadas (Tabla 4.26), parecería observarse la no existencia de patologías o anomalías en la función hepática y de vías biliares de las nadadoras objeto de estudio. Finalmente, convendría en todo caso realizar un análisis periódico de estas variables bioquímicas ya que, por ejemplo, las  $279,5 \pm 82$  UI/L registradas en las fosfatas alcalinas (rango de normalidad entre 80 – 279 UI/L), con 3 nadadoras con valores de 398, 403 y 418 UI/L, y una vez descartada la administración de anticonceptivos, podrían deberse a un déficit de vitamina D (Banfi et al., 2012).

### **5.3.10 COLESTEROL Y TRIGLICÉRIDOS**

La edad cronológica, el grado de maduración biológica, la relación entre el nivel de preparación y la carga de entrenamiento a soportar por el/la deportista, su composición corporal, los hábitos dietéticos y nutricionales, y también aquellos asociados con un estilo de vida saludable, influirán de una manera determinante en la cinética del colesterol y los triglicéridos (Eisenmann, 2002; Reamy & Thompson, 2004). Esto, junto con la existencia de múltiples casos de dislipemias en ciertos grupos de jóvenes deportistas, conlleva que la más reciente literatura científica relacionada, coincida en la necesidad de (Conti & Macchi, 2013; Noe et al., 2014): 1) entender que cada caso debe tratarse de manera individual; 2) se debe seguir investigando sobre las adaptaciones del ejercicio físico en el comportamiento lipídico del deportista. En el caso de las nadadoras objeto de estudio (Tabla 4.27), todos los valores relacionados con el colesterol y los triglicéridos se sitúan en valores normales, de bajo riesgo (Tabla 1.14). En todo caso, y de manera independiente a estos resultados bioquímicos, dadas las características desproporcionadas de ingesta de grasas animales saturadas reportadas (Figura 4.6), y la más que probable compensación (disipación) a nivel hematológico generada por las normales adaptaciones al proceso de entrenamiento (Banfi et al., 2012; Conti & Macchi, 2013; Noe et al., 2014), se debería prestar especial atención al registro de dichos parámetros de colesterol y triglicéridos una vez abandonada la práctica deportiva, especialmente si no se han conseguido reeducar (modificar) unos hábitos dietéticos ciertamente no equilibrados (apartado 5.1.4).

## **5.4 Valoración bioeléctrica**

Tal y como se ha argumentado en apartados precedentes (apartado 3.2.2.4), adicionalmente al análisis y posterior discusión de la medida bioeléctrica como

indicador indirecto de estimación del agua corporal (apartado 5.5), se ha optado por utilizar el análisis del vector de bioimpedancia, comúnmente denominado BIVA (*Bioelectrical Vector Analysis*), como método directo para la valoración del comportamiento de la resistencia (R) y la reactancia (Xc), altamente condicionadas ambas por la propia composición corporal, en este caso de las nadadoras objeto de estudio (apartado 4.4.1.5), y los posibles cambios hídricos inducidos por una sesión de entrenamiento en natación sincronizada (apartado 4.4.3). Actualmente los estudios relacionados con BIVA y la práctica deportiva se centran en: 1) el estudio de la relación entre BIVA y las diferentes variables para la valoración de la composición corporal (Piccoli et al., 2007; Kim et al., 2010; Bonuccelli et al., 2011; Gatterer et al., 2011; Micheli et al., 2011, 2014; Moon, 2013; Reljic et al., 2013; Koury et al., 2014; Ribeiro et al., 2014); 2) el establecimiento de nuevas elipses de tolerancia, específicas para determinados grupos de deportistas (Micheli et al., 2014); 3) la valoración y seguimiento de ciertas lesiones musculares localizadas (Nescolarde et al., 2011, 2013); 4) el análisis de las adaptaciones a medio y largo plazo generadas en el vector bioeléctrico a partir de:  $\approx 12,5$  semanas de escalada en alta montaña (Piccoli et al., 1996a),  $\approx 1$  semana (Gatterer et al., 2011) y una temporada deportiva completa en jugadores profesionales de fútbol (Bonuccelli et al., 2011; Mascherini et al., 2014) y en boxeadores de élite (Reljic et al., 2013), y 22 semanas realizando un determinado programa de entrenamiento de la fuerza (Ribeiro et al., 2014).

En nuestro conocimiento, sólo un estudio reciente analiza las adaptaciones agudas (a corto plazo) del vector bioeléctrico bajo un diseño pre-post sesión de deshidratación inducida, en este caso bajo condiciones controladas en laboratorio (Gatterer et al., 2014). La falta de información al respecto podría ser debido a los múltiples y bien determinados parámetros que influirían en la validez y fiabilidad de la

señal bioeléctrica (Kushner et al., 1996; NIH, 1996; Kyle et al., 2004a, 2004b; Lukaski, 2013): 1) lesiones y posibles condiciones clínicas previas (Guglielmi et al., 1991; Piccoli et al., 1996b; Lukaski & Moore, 2012; Nescolarde et al., 2013); 2) el estado de hidratación previo (Berneis & Keller, 2000); 3) el consumo anterior de alimentos o bebidas (Deurenberg et al., 1988; Kurtin et al., 1990; Fogelholm et al., 1993b; Rallison et al., 1993; Evans et al., 1998; Gallagher et al., 1998; Rodríguez et al., 2000; Slinde & Rossander-Hulthén, 2001; Gualdi-Russo & Toselli, 2002; O'Brien et al., 2002; Rush et al., 2006); 4) la posición del cuerpo durante las mediciones (Roos et al., 1992; Lukaski, 1996; Gualdi-Russo & Toselli, 2002; Rush et al., 2006); 5) la modificación en la posición y colocación de los electrodos (Gartner et al., 1992; Dunbar et al., 1994; Lukaski, 1996; Gualdi-Russo & Toselli, 2002); 6) posibles cambios en la distribución de los fluidos corporales (De Lorenzo & Andreoli, 1997; Zhu et al., 1998; Rush et al., 2006; Earthman et al., 2007); 7) el tiempo de estabilización de los fluidos corporales (Roos et al., 1992; De Lorenzo & Andreoli, 1997; Zhu et al., 1998; Slinde et al., 2003); 8) las variaciones en el flujo sanguíneo periférico y por ende en la temperatura de la piel (Caton et al., 1988; Gudivaka et al., 1996; Lukaski, 1996; O'Brien et al., 2002; Buono et al., 2004), y la propia acumulación de electrolitos en la piel producida por un ejercicio físico anterior (Garby et al., 1990; Cornish et al., 1998; O'Brien et al., 2002); 9) la variabilidad biológica dentro de un mismo día (Kushner & Schoeller, 1986; Rodríguez et al., 2000; Slinde & Rossander-Hulthén, 2001) y entre diferentes días (Lukaski et al., 1985; Kushner & Schoeller, 1986; Van Loan & Mayclin, 1987; Deurenberg et al., 1988); 10) las condiciones ambientales (Lukaski, 1996; Buono et al., 2004; Rush et al., 2006); 11) el ciclo menstrual en el caso de las mujeres (Gleichauf & Roe, 1989; Lusseveld et al., 1993; Mitchell et al., 1993).

A pesar del componente ecológico del presente estudio, el protocolo realizado intentó superar, o al menos mantener bajo control, los citados factores que podrían generar fuentes de error en la medida bioeléctrica. Por ejemplo, es importante tener en cuenta que la ingestión de una comida o bebida, previa a la medición bioeléctrica, puede llegar a generar un decremento en el valor de la impedancia ( $Z$ ) entorno al 3%, incluso después de las dos o cuatro horas posteriores (Kushner et al., 1996). De acuerdo con esto, en el presente estudio, las mediciones BIA post-sesión de entrenamiento podrían estar condicionadas tanto por el desayuno como por la cantidad de ingesta de agua bebida durante la propia sesión. En este supuesto, estaríamos hablando de una posible subestimación de los valores de  $Z$  en:  $10,3 \pm 1,2 \Omega$  (categoría infantil) y  $9,4 \pm 0,7 \Omega$  (categoría júnior). No obstante, cabe señalar que el agua bebida al final de la sesión no debería haber condicionado las mediciones BIA, principalmente porque la ingesta producida dentro de la hora previa a la medición, parece ser "eléctricamente silenciosa" y tener un efecto mínimo en  $Z$  (Kurtin et al., 1990; Guglielmi et al., 1991; Rallison et al., 1993; Evans et al., 1998). Por otra parte, y tal y como se ha justificado en líneas precedentes (Caton et al., 1988; Gudivaka et al., 1996; Lukaski, 1996; O'Brien et al., 2002; Buono et al., 2004; Rush et al., 2006), fue necesario controlar y estandarizar las condiciones de temperatura corporal, cutánea y del propio recinto de medición, entre ambas mediciones (pre y post). Todo, con el objetivo de tener controladas posibles fuentes de error de la medida bioeléctrica. En este sentido, se han documentado decrementos significativos del 11,0 % en la resistencia ( $R$ ), a partir de cada grado centígrado aumentado en la piel (Caton et al., 1988). En todo caso, en el presente estudio todos los posibles cambios de temperatura relacionados entre las mediciones pre y post sesión de entrenamiento (temperaturas corporal, cutánea, y ambiente), fueron controlados aceptando desviaciones inferiores a  $1^{\circ}\text{C}$ , rango de valores donde las

diferencias en Z no parecen ser estadísticamente significativas (Liang & Norris, 1993). Por último, y antes de entrar a la discusión propia de los resultados, hay que señalar que la muestra de estudio estuvo compuesta por deportistas adolescentes femeninas, circunstancia que significa una dificultad añadida en el diseño del estudio. En este sentido, con el fin de minimizar la variabilidad inter e intra-sujeto causada por las fluctuaciones de los fluidos corporales derivados de la cinética hormonal femenina (Gleichauf y Roe, 1989; Mitchell et al., 1993), se siguieron las recomendaciones internacionales (Lusseveld et al., 1993; NIH, 1996), excluyendo del estudio a aquellas nadadoras que se encontraban en una fase premenstrual (fase lútea o secretora), o se administraban anticonceptivos y/o reguladores farmacológicos del ciclo menstrual.

Con todo, la presente investigación constata, por primera vez en un grupo de nadadoras de natación sincronizada, una distribución específica del vector de bioimpedancia cuando es comparado con una población de referencia (Figura 4.16; Figura 4.21): valores significativamente más elevados de reactancia, y significativamente más reducidos de resistencia, que consecuentemente generan un ángulo fase, significativamente mayor (apartado 4.4.1.5). Todo ello argumentado a partir de una mayor masa muscular que comportaría, en general, una mejor salud celular (Mattar, 1996; Piccoli et al., 1996a; Zdolsek et al., 2000). Estos resultados son consistentes con los datos publicados por Koury y colaboradores (2014) en diferentes deportes y con el único estudio que, bajo nuestro conocimiento, ha caracterizado las elipses de tolerancia de una población deportiva específica (Micheli et al., 2014), en este caso de futbolistas de diferentes divisiones de la federación italiana de fútbol. De manera relacionada, conviene hacer especial mención a los posibles motivos de las diferencias halladas en el ángulo fase entre la población general y la población deportista. Efectivamente, el ángulo fase es considerado como un indicador de la salud,

donde los valores más altos reflejan una mayor integridad de la membrana celular y por ende, una mejor función de la célula (Mattar, 1996; Zdolsek et al., 2000). Dicho ángulo también se ha interpretado como un índice de distribución del agua entre los compartimentos intracelulares y extracelulares (Buffa et al., 2010; Schwenk et al., 2000), sobre todo en estudios clínicos (Norman et al., 2010; Vanderjagt et al., 2003) pero también de manera más reciente en deportistas (Micheli et al., 2014; Ney et al., 2009; Torres et al., 2008). Además, el ángulo fase ha sido utilizado como un predictor de la masa celular corporal, razón por la cual se ha empleado como indicador del estado nutricional de una persona (Barbosa-Silva et al., 2005). En sujetos sanos el ángulo fase oscila  $5,0^{\circ}$  y  $7,0^{\circ}$  (Bosy-Westphal et al., 2006), pudiendo hallar valores superiores a los  $9,5^{\circ}$  en determinados deportistas, y asumiendo que, en el caso de las mujeres, se registran valores normalmente más reducidos por poseer una menor masa muscular que los hombres (Torres et al., 2008). En el presente estudio tanto las nadadoras infantiles ( $PA= 7,0\pm 0,5^{\circ}$ ) como las júniores ( $PA=7,5\pm 0,4^{\circ}$ ) poseen valores elevados, tanto por la edad como por ser del sexo femenino. Otros estudios, también han demostrado perfiles bioeléctricos de deportistas diferentes a los de la población general y comúnmente explicados a partir de una mayor cantidad de tejido blando (Madsen et al., 1998), masa muscular (Prior et al., 2001; Andreoli et al., 2001) y/o masa celular corporal (Andreoli et al., 2003). Con todo, a partir de ahora podrán establecerse elipses de tolerancia de referencia para nadadoras de natación sincronizada de diferentes edades y niveles competitivos (apartado 4.4.1.5). Esta información resultará de enorme utilidad tanto para entrenadores/as como para futuros investigadores/as, cuando se desee situar en un contexto real, basado en la especificidad del deporte, el estado y/o comportamiento bioeléctrico, y por ende hídrico, de las nadadoras de natación sincronizada. De forma directamente relacionada, conviene advertir sin embargo que, bajo criterios de máximo

rigor metodológico, dichas elipses deberán conformarse para cada una de las categorías, dado que cuando se establece la comparación entre las nadadoras infantiles y las júniores, se observan diferencias significativas en la resistencia (Figura 4.17), módulo de bioimpedancia (Figura 4.19) y en el ángulo fase (Figura 4.20). En este sentido, se observa una mayor resistencia y consecuentemente un mayor módulo de impedancia con un menor ángulo fase, en la categoría infantil. Diferencias justificadas normalmente a partir de una mayor edad (De Palo et al., 2000; Nagano et al., 2000; Barbosa-Silva et al., 2005; Koury et al, 2014) y mayor masa muscular (Ney et al., 2009) de las nadadoras júniores (más masa muscular = más agua corporal = menos resistencia = menos bioimpedancia), que condicionaría una mayor conductividad de la señal bioeléctrica (Modlesky et al., 1996; Prior et al., 2001; Meyer et al., 2012; Ribeiro et al., 2014).

En relación al comportamiento del vector de bioimpedancia pre-post sesión de entrenamiento (apartado 4.4.3.5), e independientemente a la categoría competitiva analizada, se observan incrementos significativos tanto en R (Tabla 4.32) como en Xc (Tabla 4.33). Cambios que, consecuentemente también generan incrementos significativos tanto en el módulo de bioimpedancia (Tabla 4.34) como en el ángulo fase (Tabla 4.35). Estos datos ratifican los resultados obtenidos por Gatterer y colaboradores (2014), que corroboraron la sensibilidad del vector bioeléctrico a la hora de detectar procesos de deshidratación agudos leves (pérdidas entorno al  $2,1 \pm 0,4$  % del peso corporal), esta vez inducidos bajo condiciones de laboratorio. En este sentido, el presente estudio aporta información, por primera vez en situación de entrenamiento real, acerca de la sensibilidad del vector para caracterizar procesos moderados de deshidratación (Figura 4.21), en este caso en nadadoras de natación sincronizada de diferentes categorías competitivas. Adicionalmente, y gracias a las propiedades multifrecuencia del bioimpedanciómetro utilizado (apartado 3.2.3.4), también se

analizaron las posibles relaciones entre el comportamiento migratorio del vector, y los decrementos de variables como el peso corporal, el agua corporal total (ACT), el agua intracelular (AIC), y el agua extracelular (AEC). En la Tabla 4.36 se muestran los resultados a este respecto, observándose una relación significativa e inversamente proporcional, entre el comportamiento del vector bioeléctrico ( $R/h$  y  $Xc/h$ ) y el AEC (menos agua extracelular = más resistencia y más reactancia). Todo ello independientemente de la categoría analizada. Se refuerza así, de nuevo, la sensibilidad del vector a la hora de detectar procesos de deshidratación moderados (Figura 4.22).

## **5.5 Valoración hídrica**

Tanto el rendimiento deportivo como la misma salud, pueden verse afectados por el equilibrio de los fluidos en el cuerpo, lo que implica no sólo la cantidad de agua corporal dentro de los diferentes compartimentos, sino también su concentración electrolítica (Meyer et al., 2012). En la práctica deportiva, especialmente aquella que se caracteriza por el mantenimiento de esfuerzos de elevada intensidad durante varias horas, la pérdida de líquidos por el sudor no siempre es adecuadamente compensada por la ingesta de líquidos, circunstancia que puede llegar a suponer procesos de deshidratación severos (Montain & Coyle, 1992). Actualmente, se reconoce que a partir de un 2-3% de deshidratación, se genera un aumento exponencial de la temperatura corporal que estresa al sistema cardiovascular de tal manera que perjudica el rendimiento físico y psicológico, aumentando tanto la fatiga como la propia percepción subjetiva que el deportista tiene sobre ésta (Bar-Or et al., 1980; Casa et al., 2000; Maughan, 2000; Armstrong, 2007; Chevront et al., 2010). En este sentido, pese a que se justifica plenamente la necesidad de controlar el grado de hidratación-deshidratación de los deportistas, debe señalarse que la evaluación de la hidratación del cuerpo es un proceso dinámico y complejo, y que ninguna medida es válida para todas las situaciones

(McGarvey et al., 2010). En este sentido, pese a ciertas limitaciones como la asunción de la isotropía e hidratación constante de los tejidos, la bioimpedancia permite la estimación del agua corporal y la caracterización de los tejidos blandos del organismo, en tiempo real (Lukaski et al., 1985, 1990; Kushner, 1992; Foster & Lukaski, 1996; Lukaski, 1996; Grimnes & Martinsen, 2000). El nivel de hidratación registrado en las nadadoras (Tabla 4.37), tanto en la categoría infantil ( $65,8 \pm 4,8$  %) como en la categoría júnior ( $67,8 \pm 2,8$  %), corresponde a valores normales cuando son comparados con los de la población general (McGarvey et al., 2010). Con la excepción del porcentaje de agua corporal total (% ACT), tanto los valores absolutos de ACT (Figura 4.23), como los valores porcentuales y absolutos de agua intracelular – AIC – (Figura 4.24) y extracelular – AEC – (Figura 4.25), son significativamente superiores en las nadadoras de la categoría júnior. Las diferencias en términos absolutos se explican debido a las mayores dimensiones de las nadadoras júnior (Figura 4.9) y, en términos relativos, debido a que el porcentaje del agua total está calculado en base al peso corporal mientras que los porcentajes de los compartimentos extracelular e intracelular han sido calculados a partir de los valores porcentuales del agua corporal total (apartado 4.5.2). Los resultados de la valoración hídrica pre-post sesión de entrenamiento (apartado 4.5.3) ratifican los obtenidos en la valoración bioeléctrica (apartado 5.4). Tanto en el ACT, como en el AIC y AEC, se producen decrementos significativos post-sesión de entrenamiento. En este sentido se observa que las nadadoras registran diferencias más elevadas de ACT (infantiles:  $-1,1 \pm 0,7$  L; júnior:  $-1,4 \pm 1,4$  L) que de peso total (infantiles:  $-0,4 \pm 0,3$  kg; júnior:  $-0,3 \pm 0,3$  kg). Esta circunstancia se justificaría a partir de una compensación parcial del peso generada por la cantidad de agua ingerida durante la sesión (infantiles:  $0,5 \pm 0,2$  L; júnior:  $0,7 \pm 0,3$  L), y no registrada por la señal bioeléctrica en toda su magnitud, debido a la posibilidad de

hallarse dentro del conducto digestivo que actuaría a modo de aislante (Kurtin et al., 1990; Guglielmi et al., 1991; Rallison et al., 1993; Evans et al., 1998). Con todo, si se valora tanto el comportamiento migratorio del vector bioeléctrico (apartado 5.4), como el decremento porcentual en ACT (infantiles:  $-2,7 \pm 2,3$  %; júniores:  $-3,3 \pm 1,4$  %), y peso corporal (infantiles:  $-0,8 \pm 0,6$  %; júniores:  $-0,6 \pm 0,4$  %), se puede constatar la aparición de una deshidratación de carácter leve inducida por la sesión de entrenamiento en cada una de las categorías analizadas. En este sentido, y tal y como se ha señalado en el apartado correspondiente (apartado 1.3.2), únicamente se han hallado dos estudios previos que hayan investigado el posible grado de deshidratación generado por el proceso de entrenamiento y/o competición en natación sincronizada (Pazikas et al., 2005; Brown & Lundy, citado en Lundy 2011). En el primero de ellos se registraron pérdidas de agua corporal total cercanas al 2,0% durante una sesión de elevada intensidad (Pazikas et al., 2005), y en el segundo las nadadoras se deshidrataron entorno al  $0,4 \pm 0,5$  % en una sesión de carga moderada (Brown & Lundy, citado en Lundy 2011). Así, atendiendo al nivel competitivo descrito para cada muestra estudio (Pazikas et al., 2005; Brown & Lundy, citado en Lundy 2011), y el nivel de intensidad inducida en cada sesión de entrenamiento, parece corroborarse un rango de deshidratación desde el “0%” hasta valores cercanos al 3% obtenidos en el presente estudio. Un rango de valores susceptible de ser modificado, además, en función de las condiciones ambientales (temperatura y humedad exterior, temperatura de la piscina...).

## **5.6 Recomendaciones nutricionales**

En base a los resultados y consecuente discusión de las distintas valoraciones realizadas, a continuación se resumen las recomendaciones nutricionales dirigidas a las nadadoras objeto de estudio:

Es necesario equilibrar el balance energético, incrementando el aporte calórico en la dieta. Para ello, es necesario fraccionarla correctamente, realizando un mínimo de seis ingestas, distribuidas a lo largo del día. Adicionalmente, deben incluirse alimentos calóricos saludables, como por ejemplo los frutos secos.

En relación a los hidratos de carbono, tanto por aspectos vinculados a la etapa de crecimiento, desarrollo y maduración en la que se encuentran las nadadoras objeto de estudio, como por ser la principal fuente energética utilizada en esta especialidad deportiva, deberá equilibrarse la dieta en cuanto a hidratos de carbono se refiere, en este caso, incrementándolos. Dicho incremento, deberá producirse incrementando significativamente los carbohidratos complejos (pasta, arroz, pan, patata, legumbres...) y reduciendo los simples (azúcar, dulces, pastelería industrial, galletas, zumos envasados...).

En relación a las proteínas, con toda probabilidad, al aumentar la aportación de hidratos de carbono en la dieta, disminuirá la de proteínas. Pese a que las recomendaciones sugieren la necesidad de compensar equilibradamente la ingesta entre las grasas de origen vegetal y animal, en la práctica esto resulta ciertamente complejo. En este sentido, dado que la proteína animal aporta gran cantidad de grasas saturadas y colesterol, mientras que la proteína vegetal es baja en grasas saturadas y no contiene colesterol, en el caso de no alcanzar el 50% entre ambos tipos de proteínas, será necesario aumentar la ingesta de alimentos ricos en proteína vegetal. Estrategia que, deberá pasar necesariamente por poseer conocimientos sobre el valor biológico de los diferentes alimentos mediante la complementación proteica.

En relación a los lípidos, para cumplir las recomendaciones en cuanto a ingesta equilibrada de grasas saturadas e insaturadas se refiere, y también de colesterol, se debe: 1) aumentar el consumo de pescado y reducir el de carne; 2) cumplir las

recomendaciones de ingesta de 2-4 lácticos diarios, procurando que alguno de éstos sea desnatado o semidesnatado; 3) aumentar el consumo de aceite de oliva frente a salsas, mantequillas, mayonesas, etc.; 4) incluir en la dieta frutos secos, muy ricos en Omega 6; 5) incluir 1-2 veces por semana, pescado azul, muy rico en Omega 3; 5) disminuir el consumo de alimentos ricos en colesterol (vísceras, embutidos, carnes grasientas, pastelería industrial, mantequillas, etc).

En relación a la fibra, deben incluirse diariamente en la dieta del deportista alimentos ricos en este nutriente (verduras, frutas, frutos secos, legumbres, cereales integrales).

En relación a las vitaminas, es necesario aportar a la dieta alimentos ricos en vitamina B<sub>9</sub> (verduras verdes como las acelgas, espinacas, judía verde, lechuga...) y  $\beta$ -carotenoides (zanahorias, calabazas, tomates...).

En relación a los minerales, es necesario aportar a la dieta alimentos ricos en hierro (carne, pescado, huevo, marisco..., combinados con alimentos ricos en vitamina C para optimizar su absorción en el organismo: cítricos, kiwi, fresas, pimientos, lechuga...), calcio (incluir 2-4 raciones diarias de lácteos en la dieta: leche, yogures, queso...), zinc (marisco, carne magra, queso...), magnesio (frutos secos, legumbres, cereales integrales, cacao...). En relación al sodio, deberá disminuirse el consumo de embutidos, aperitivos (patatas fritas, aceitunas...), salsas, conservas y alimentos preparados o precocinados.

Finalmente, una vez analizada de manera complementaria, la valoración hematológica y bioquímica, dado el déficit de minerales y el momento de la temporada (periodo precompetitivo), pudiera ser recomendable la suplementación de un complejo multivitamínico, antioxidantes y suplementación de hierro.

## **6 CONCLUSIONES**

A continuación se exponen las principales conclusiones de la presente investigación, que se han dividido en función de cada una de las valoraciones realizadas: nutricional, somática, hematológica y bioquímica, bioeléctrica e hídrica. En los apartados de valoración nutricional y valoración hídrica, por cada conclusión extraída del estudio, se ha realizado una recomendación nutricional relacionada. Finalmente, a modo de anexo, se ha propuesto: a) un modelo de dieta para el grupo de nadadoras júnior, por ser el más complejo a nivel de aporte total energético y configuración horaria condicionada por realizar doble sesión de entrenamiento (Anexo 9.4); b) una propuesta de actuación dietética durante una competición real de natación sincronizada (Anexo 9.5).

### **Valoración nutricional**

- Durante el periodo precompetitivo analizado, el balance energético de las nadadoras objeto de estudio es negativo, con un déficit de ingesta calórica situado entre el 17,5% y el 45,9% en las categorías infantil y júnior, respectivamente.
- En relación a los macronutrientes, los hábitos alimentarios de la gran mayoría de las nadadoras, se caracterizan por: 1) *Hidratos de carbono* (baja ingesta con una proporción elevada de simples y baja de complejos); 2) *Proteínas* (elevada ingesta de proteínas con una elevada proporción de las de origen animal y baja de las de origen vegetal); 3) *Lípidos* (elevada ingesta de lípidos con una proporción elevada de grasas saturadas y baja tanto en monoinsaturadas como en poliinsaturadas. Elevada ingesta de colesterol); 5) *Fibra* (baja ingesta de fibra).
- En relación a los micronutrientes, los hábitos alimentarios de la gran mayoría de las nadadoras, se caracterizan por: 1) *Vitaminas* (cumplir con los requerimientos mínimos recomendados a excepción de la vitamina B<sub>9</sub>, y los β-carotenoides); 2)

*Minerales* (baja ingesta de hierro, calcio, zinc y magnesio; elevada ingesta de sodio).

### **Valoración somática**

- Las nadadoras objeto de estudio son más altas y delgadas que el promedio de la población española en sus respectivas edades cronológicas. También lo son en altura en relación a la mayoría de estudios publicados hasta el momento con nadadoras de natación sincronizada. La comparación del peso, sin embargo, es variable según los distintos estudios publicados hasta el momento en natación sincronizada.
- El perfil somatotípico de las nadadoras de categoría infantil es ectomórfico balanceado y el de las nadadoras de categoría júnior mesomórfico ectomórfico, registrándose en ambas categorías un perímetro de brazo superior y de muslo inferior, que la mayoría de estudios publicados hasta el momento en natación sincronizada.
- Los valores de masa grasa de las nadadoras objeto de estudio, comparados con la mayoría de estudios publicados hasta el momento en natación sincronizada, son bajos. La comparación de la masa muscular, sin embargo, es variable.

### **Valoración hematológica y bioquímica**

- La mayor parte de las nadadoras objeto de estudio registran valores hematológicos circunscritos dentro de la normalidad en cada una de las variables hematológicas y bioquímicas analizadas.
- La valoración conjunta del recuento eritrocitario, la hemoglobina, el hematocrito, el volumen corpuscular medio y la ferritina, han permitido caracterizar la existencia de determinados casos de anemia ferropénica, siendo

graves en alguna de las nadadoras, y que deberían ser compensados adecuadamente tanto con el hierro presente en la dieta, como a través de una correcta suplementación, en este caso siempre bajo el control y la prescripción médica.

- Los elevados valores de CPK manifiestan la elevada sollicitación muscular a la que la estructura miotendinosa de las nadadoras se ve sometida. No obstante, tanto por el rango de valores obtenido, como por los valores registrados de LDH, la función muscular parece registrar un comportamiento concordante con las características de los/las deportistas de alto rendimiento.

### **Valoración bioeléctrica**

- Las características bioeléctricas de las nadadoras objeto de estudio son significativamente diferentes a las de la población general, con valores superiores de reactancia e inferiores de resistencia, generándose así un mayor ángulo de fase.
- El análisis de vector de bioimpedancia (BIVA) ha demostrado ser sensible a la hora de detectar procesos de deshidratación agudos leves, en este caso inducidos por una sesión tipo de entrenamiento para cada una de las dos categorías competitivas analizadas.
- Se ha determinado una relación significativa e inversamente proporcional entre los comportamientos del vector bioeléctrico (aumentando en resistencia y reactancia) y el agua extracelular (disminuyendo), inducidos ambos por una sesión tipo de entrenamiento para cada una de las dos categorías competitivas analizadas.

## Valoración hídrica

- La bioimpedancia, una vez controlados los posibles factores que podrían alterar la fiabilidad y validez de la medida bioeléctrica, emerge como potencial técnica para valorar el grado de deshidratación inducido por una sesión de entrenamiento, en este caso de jóvenes nadadoras de natación sincronizada de diferentes categorías competitivas.
- La sesión de entrenamiento de alta intensidad correspondiente al periodo precompetitivo analizado genera, en ambas categorías, un proceso de deshidratación de carácter leve. No obstante, será importante mantener una correcta reposición de líquidos, preferentemente a través de bebidas isotónicas, a lo largo de toda la sesión de entrenamiento, con el fin de controlar bajo parámetros de normalidad ( $< 2,0\%$  de pérdida de peso corporal), posibles procesos de deshidratación en las nadadoras.
- Siendo en ambos casos significativas, la pérdida de agua corporal total registrada post-sesión de entrenamiento es superior a la pérdida de peso corporal de las nadadoras. Esta circunstancia deberá tenerse en consideración ya que, mientras que la pérdida de peso quedaría compensada por la ingesta de líquidos durante la propia sesión de entrenamiento, la señal bioeléctrica únicamente sería capaz de detectar el agua, o en este caso la pérdida de agua, una vez ésta ha sido incorporada a los tejidos. Esta característica, sin embargo, deberá ser investigada en futuros estudios relacionados.

## **7 LIMITACIONES Y PROSPECTIVA DE INVESTIGACIÓN**

La presente investigación representa la aproximación más ambiciosa de cuantas se han encontrado en la literatura nacional o internacional sobre valoración nutricional en natación sincronizada. Se han analizado 108 variables a cada una de las 49 nadadoras, proponiendo diferentes áreas de valoración como la somática (antropométrica), hematológica y bioquímica, bioeléctrica e hídrica, todas ellas necesarias para poder analizar, desde una visión necesariamente transversal, el estado nutricional de jóvenes deportistas femeninas en su difícil etapa de formación previa al alto rendimiento deportivo.

A lo largo de todo el proceso de investigación, muchas han sido las barreras superadas, pero todavía más aquellas que han quedado por superar. La principal limitación del estudio podría radicar es su carácter transversal. Si bien es cierto que se considera correctamente circunscrito y da respuesta a los objetivos de investigación planteados, el propio diseño del estudio no permite afrontar metodológicamente uno de los retos que precisamente se sugiere en sus conclusiones, que es la necesidad de iniciar programas y/o iniciativas de educación nutricional para un colectivo que, en términos de salud, se ha demostrado de riesgo. Efectivamente, el proceso de educar (en este caso, nutricionalmente), que por definición y por concepto conforma un proceso longitudinal a lo largo del tiempo, sería uno de los aspectos a considerar a partir de la presente investigación, con un nuevo diseño de estudio capaz de discriminar entre los diferentes procedimientos y consecuentes adaptaciones que determinadas intervenciones nutricionales pudieran generar en estas jóvenes deportistas. En este sentido, pese que no ha podido circunscribirse al exigente y necesario rigor que supone un trabajo de investigación, la presente investigadora quiere señalar que, durante y posteriormente, gracias a los procedimientos y resultados derivados de este estudio, se ha podido establecer un proyecto asistencial de educación nutricional para jóvenes deportistas

adolescentes en proceso de tecnificación deportiva que está logrando resultados sorprendentes. Un proyecto multidisciplinar en el que actualmente participan diversos colectivos del ámbito de la salud (medicina, nutrición, psicología, enfermería...) y que interviene tanto en los/las deportistas, como en sus entrenadores/as y respectivos padres y madres. Un proyecto englobado bajo el programa ARC ("*Alt Rendiment Català*") de la "*Generalitat de Catalunya*", que ha sido merecedor del 1º premio en la 7ª convocatoria de los prestigiosos Premios Estrategia NAOS de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición, del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, del Gobierno de España (BOE 169/3/52865).

Otra de las limitaciones, o por lo menos aspectos a considerar, es que la presente investigación no se ha realizado con una muestra representativa del conjunto de nadadoras españolas de natación sincronizada. Sí que ha podido realizarse, sin embargo, con un número representativo de las mejores de éstas, y con una dimensión lo suficientemente amplia como para representar la mayor muestra analizada de cuantos estudios se han publicado hasta ahora sobre natación sincronizada. Adicionalmente, conviene señalar que España se ha situado en los últimos tiempos en el pódium de los países líderes de la especialidad, con lo que la elevada especificidad de la muestra debería valorarse en su justa medida, entendiendo que tanto resultados como sus consecuentes valoraciones corresponden, exclusivamente, a un determinado perfil poblacional: las mejores nadadoras de España de natación sincronizada en su etapa de formación previa hacia la élite deportiva. En todo caso, futuras líneas de investigación podrían profundizar en el análisis de una mayor muestra, a ser posible representativa de una población (en este caso, por ejemplo, de la española).

Por otra parte, conviene advertir sobre determinadas limitaciones susceptibles de ser consideradas por cada una de las áreas de estudio establecidas:

*Valoración nutricional:* 1) las propias limitaciones de un método como el registro alimentario de 24 horas durante 7 días a la semana, el cual de por sí acarrea la limitación de basarse en un recordatorio, en este caso añadiendo la dificultad de haber sido realizado en muchos casos por niñas de edades ciertamente tempranas. Es por ello que se necesitó contar con la confianza y confidencia de padres, madres y entrenadoras, y así minimizar el sesgo de información que con toda probabilidad, en mayor o menor medida, se hubiera podido producir; 2) dada la finalidad última de establecer programas de educación nutricional para el colectivo analizado, puede que hubiera sido adecuado la distribución de un cuestionario sobre la valoración de sus conocimientos previos en nutrición y alimentación. Esto, sin embargo, hubiera sido factible en las nadadoras de la categoría júnior, pero el sentido de distribuirlo en nadadoras infantiles, alguna de ellas con una franja de edad ciertamente temprana, se creyó como no adecuado; 3) el método utilizado para la estimación del gasto energético, basado en la fórmula de Harris-Benedict (factor de actividad de 1,3) más el gasto energético correspondiente a la natación sincronizada calculado mediante el compendio Ainsworth, siendo un método plenamente vigente tanto a nivel asistencial (es el utilizado por el departamento de nutrición del Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat del Vallés) como a nivel académico-científico (como se demuestra en sendas publicaciones referenciadas a lo largo del presente manuscrito), posee de manera inherente una serie de limitaciones que generan la necesidad de advertir que es simplemente eso: una estimación. Otros métodos de carácter predominantemente fisiológicos, como por ejemplo la retroextrapolación de la relación FC-VO<sub>2max</sub>, siendo posible en otros deportes, se ha demostrado no posible en natación sincronizada, principalmente por un comportamiento de la FC demasiado condicionado por el propio medio acuático, las múltiples apneas acaecidas y la gran variedad de posiciones corporales realizadas por las nadadoras.

*Valoración somática:* pese a que se ha tomado en consideración la menarquia como indicador de edad biológica y, consecuentemente, como criterio de inclusión/exclusión a la hora de poder participar en el estudio, futuras investigaciones podrían plantearse adicionalmente añadir otros indicadores de edad biológica, como por ejemplo la estimación de la edad ósea junto con el contenido de mineralización ósea, ambos parámetros ciertamente relevantes tanto desde la perspectiva del rendimiento deportivo como desde la de la salud de las jóvenes deportistas.

*Valoración hematológica y bioquímica:* 1) siendo el presente estudio el primero en reportar un número considerable de variables hematológicas de nadadoras de natación sincronizada, cabe señalar que únicamente se tuvo la oportunidad de poder realizar esta valoración a las nadadoras del Centro de Tecnificación Deportiva de Esplugues de Llobregat (Residencia Joaquim Blume), con lo que, desgraciadamente no han podido reportarse valores hematológicos y bioquímicos de la categoría infantil, es decir, de las nadadoras de menor edad. Esta valoración, comúnmente considerada como un “*Gold Standard*” o método de referencia a la hora de situar el estado de salud de cualquier persona, deberá ser considerada en próximos estudios para su aplicación en colectivos que podrían ajustarse perfectamente a las siguientes características, reales: deportista de 10-12 años que entrena a razón de 15 horas a la semana, aproximadamente; 2) limitaciones logísticas impidieron realizar un estudio hormonal que hubiera complementado el estado de salud de las nadadoras objeto de estudio. Éste es, nuevamente, un aspecto que debería ser considerado en futuros estudios relacionados.

*Valoración bioeléctrica:* los múltiples factores que condicionan (limitan) la calidad de la señal bioeléctrica han sido previamente descritos en el correspondiente apartado. Más allá de dichas limitaciones, que por otra parte se han intentado controlar,

y en algún caso incluso eliminar, conviene señalar el abordaje novedoso que supone, por primera vez en natación sincronizada, el análisis del vector de bioimpedancia (análisis BIVA). Esta aproximación, basada en el análisis de datos directos de resistencia (R) y reactancia ( $X_c$ ), no sujetos a procesos estadísticos que confluyen en el establecimiento de determinadas ecuaciones de regresión con mayor o menor porcentaje de error, abre un mundo de posibilidades para valorar los cambios agudos o crónicos que genera el proceso de entrenamiento y competición en el nivel de hidratación/deshidratación del organismo. Posibilidades que, con toda probabilidad, podrán observarse en futuros estudios relacionados.

*Valoración hídrica:* la principal limitación de esta valoración es consecuencia de los puntos argumentados en la anterior valoración bioeléctrica, y no es otra que basarse en ecuaciones estimativas del agua corporal total y sus compartimentos intra y extracelular. Con todo, actualmente es considerada una información válida que, en el caso de la presente investigación, se ha creído conveniente añadir a modo de complemento del análisis BIVA.

Finalmente, en relación a todas las valoraciones efectuadas (nutricional, somática, hematológica y bioquímica, bioeléctrica, hídrica), y tal y como se ha argumentado en el primer párrafo del presente apartado, el carácter transversal del estudio obliga a considerar todos los resultados obtenidos en función de un momento determinado de la temporada deportiva de las nadadoras, concretamente en un periodo de máxima carga, absoluta y acumulada. Esto, más allá de ser una limitación, se considera adecuado siempre que se entienda que el objetivo de la presente investigación fue monitorizar el estado nutricional de las mejores nadadoras, precisamente en el momento de más demanda física de la temporada. Queda la puerta abierta, por lo tanto, a futuros estudios longitudinales a lo largo de una o varias temporadas deportivas.

## **8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Adler AJ, Taylor F, Martin N, Gottlieb S, Taylor RS, Ebrahim S. Reduced dietary salt for the prevention of cardiovascular disease. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014;12:CD009217.
2. Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett DR Jr, Tudor-Locke C, Greer JL, Vezina J, Whitt-Glover MC, Leon AS. 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(8):1575-81.
3. Alaswad K, O'Keefe JH, Moe RM: Combination drug therapy for dyslipidemia. *Curr Atheroscler Rep.* 1999;1(1):44-9.
4. Alentejano T, Marshall D, Bell GJ. A time-motion analysis of elite solo synchronized swimming. *Int J of Sports Phys & Perf.* 2008;3(1):31-40.
5. Alentejano TC, Marshall D, Bell GJ. Breath holding with water immersion in synchronized swimmers and untrained women. *Res in Sports Med.* 2010;18(2):97-114.
6. Alkhouli N, Mansfield J, Green E, Bell J, Knight B, Liversedge N, Tham JC, Welbourn R, Shore AC, Kos K, Winlove CP. The mechanical properties of human adipose tissues and their relationships to the structure and composition of the extracellular matrix. *Am J of Phys-Endocr & Metab.* 2013;305(12):1427-35.
7. Álvarez-Cáceres R. *Estadística aplicada a las ciencias de la salud.* Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2007.
8. American College of Sports Medicine (ACSM); American Dietetic Association (ADA); Dietitians of Canada. Joint position statement: nutrition and athletic performance. American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, and Dietitians of Canada. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(12):2130-45.
9. Anderson JW, Baird P, Davis RH Jr, Ferreri S, Knudtson M, Koraym A, Waters V, Williams CL. Health benefits of dietary fiber. *Nutr Rev.* 2009;67(4):188-205.
10. Anderson LJ, Erceg D, Schroeder ET. Utility of multifrequency bioelectrical impedance compared with dual-energy x-ray absorptiometry for assessment of total and regional body composition varies between men and women. *Nutr Res.* 2012;32:479-85.
11. Andersson J, Schagatay E. Arterial oxygen desaturation during apnea in humans. *Undersea & Hyperbaric Medicine: J of the undersea & hyperbaric medical society, Inc.* 1998;25(1):21-5.
12. Andreoli A, Melchiorri G, Brozzi M, Di Marco A, Volpe SL, Garofano P, Di Daniele N, De Lorenzo A. Effect of different sports on body cell mass in highly trained athletes. *Acta diabetologica.* 2003;40(1): S122-125.
13. Andreoli A, Monteleone M, Van Loan M, Promenzio L, Tarantino U, De Lorenzo A. Effects of different sports on bone density and muscle mass in highly trained athletes. *Med & sci in sports & exerc.* 2001;33(4):507-511.

14. Anguera MT. Metodología de la Observación en las Ciencias Humanas. Madrid: Cátedra, 1985.
15. Aparicio VA, Nebot E, García-del Moral R, Machado-Vílchez M, Porres JM, Sánchez C, Aranda P. High-protein diets and renal status in rats. *Nutr Hosp.* 2013;28(1):232-7.
16. Appell HJ, Duarte JA, Soares JM. Supplementation of vitamin E may attenuate skeletal muscle immobilization atrophy. *Int J Sports Med.* 1997;18(3):157-60.
17. Aragonés M, Casajús J, Rodríguez FA, Cabañas M. Protocolo de medidas antropométricas. Manual de medidas antropométricas. (pp. 35-66). Pamplona: Federación Española de Medicina del Deporte, 1993.
18. Aranceta J, Serra-Majem L, Ribas L, Pérez-Rodrigo C. Breakfast consumption in Spanish children and young people. *Public Health Nutr.* 2001;4:1439-1444.
19. Armitage P, Berry G. Estadística para la investigación biomédica. Madrid: Harcourt Brace, 1997.
20. Armstrong LE, Johnson EC, Munoz CX, Swokla B, Le Bellego L, Jimenez L, Casa DJ, Maresh CM. Hydration biomarkers and dietary fluid consumption of women. *J Acad Nutr Diet.* 2012;112(7):1056-61.
21. Armstrong LE. Assessing hydration status: the elusive gold standard. *J of the Am Coll of Nutr.* 2007;26(5):S575-584.
22. Baker LB, Jeukendrup AE. Optimal composition of fluid-replacement beverages. *Compr Physiol.* 2014;4(2):575-620.
23. Banfi G, Colombini A, Lombardi G, Lubkowska A. Metabolic markers in sports medicine. *Adv Clin Chem.* 2012; 56:1-54.
24. Bante S, Bogdanis GC, Chairopoulou C, Maridaki M. Cardiorespiratory and metabolic responses to a simulated synchronized swimming routine in senior (>18 years) and comen (13-15 years) national level athletes. *J Sports Med & Phys Fitness.* 2007;47(3):291-9.
25. Barbany JR, Lizárraga MA. La alimentación para el deporte y la salud. Barcelona: Ediciones Martínez Roca, 2002.
26. Barbany JR. Alimentación para el deporte y la salud. Editorial Paidotribo: Barcelona, 2012.
27. Barbosa-Silva MCG, Barros AJD, Wang J, Heymsfield SB, PiersonRN. Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex. *Am J ClinNutr.* 2005;82(1):49-52.
28. Barnett V, Lewis T. Outliers in statistical data. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 1994.

29. Bar-Or O, Dotan R, Inbar O, Rotshtein A, Zonder H. Voluntary hypohydration in 10- to 12-year-old boys. *J Appl Physiol*. 1980;48:104-108.
30. Barrack MT, Gibbs JC, De Souza MJ, Williams NI, Nichols JF, Rauh MJ, Nattiv A. Higher incidence of bone stress injury with increasing female athlete triad-related risk factors: a prospective multisite study of exercising girls and women. *Am J Sports Med*. 2014;42(4):949-58.
31. Barraud N. Natation synchronisée. *EPS*. 1991;228:49-51.
32. Beaton GH, Mimer J, McGuire V, Feather TE, Alick Little J. Source of variance in 24-hour dietary recall data: implications for nutrition study design and interpretation. Carbohydrate sources, vitamins, and minerals. *Am J Clin Nutr*. 1983;37:986-995.
33. Beek van der EJ, Lowik MR, Hulshof KF, Kistemaker C. Combinations of low thiamin, riboflavin, vitamin B6 and vitamin C intake among Dutch adults. (Dutch Nutrition Surveillance System). *J Am Coll Nutr*. 1994;13(4):383-91.
34. Beek van der EJ. Vitamin supplementation and physical exercise performance. *J Sports Sci*. 1991;9:77-90.
35. Benardot D. Timing of energy and fluid intake: new concepts for weight control and hydration. *ACSM's Health & Fitness Journal*. 2007;11(4):13-19.
36. Berk PD, Korenblat KM. Approach to the patient with jaundice or abnormal liver test results. In: Goldman L, Ausiello D, eds. *Cecil Medicine*. 24th ed. Philadelphia, Pa: Saunders Elsevier, 2011.
37. Berneis K, Keller U. Bioelectrical impedance analysis during acute changes of extracellular osmolality in man. *Clinical Nutrition*. 2000;19(5):361-366.
38. Birch LL, Fisher JO. Development of eating behaviors among children and adolescents. *Pediatrics*. 1998;101(3):539-49.
39. Bissieres-Cottureau N. Vers la natation synchronisée. *EPS*. 1988;36:11-13.
40. Bjurström RL, Schoene RB. Control of ventilation in elite synchronized swimmers. *J of App Phys*. 1987;63(3):1019-24.
41. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986;1(8476):307-10.
42. Bohl CH, Volpe SL. Magnesium and exercise. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2002;42(6):533-63.
43. Bonke D, Nickel B. Improvement of fine motoric movement control by elevated dosages of vitamin B<sub>1</sub>, B<sub>6</sub>, and B<sub>12</sub> in target shooting. *Int J Vitam Nutr Res*. 1989; 30:198-204.
44. Bonke D. Influence of vitamin B<sub>1</sub>, B<sub>6</sub>, and B<sub>12</sub> on the control of fine motoric movements. *Bibl Nutr Dieta*. 1986;38:104-9.

45. Bonuccelli A, Marzatico F, Stesina G, Stefanini L, Buonocore D, Rucci S, Tencone F, Gatteschi L, Angelini F. Bioelectrical impedance vector analysis (BIVA) to evaluate seasonal variations in body composition of elite soccer players. *J Int Soc Sports Nutr.* 2011;8:37.
46. Borg G, Hassmén P, Lagerström M. Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise. *Eur J Appl Physiol.* 1987;56:679-685.
47. Bopsy-Westphal A, Danielzik S, Dörhöfer RP, Later W, Wiese S, Müller MJ. Phase angle from bioelectrical impedance analysis: population reference values by age, sex, and body mass index. *J Parenter Enteral Nutr.* 2006;30:309-316.
48. Brock JH, Halliday JW, Pippard MJ, Powell LW. Iron metabolism in health and disease. London: WB Saunders Company Ltd, 1994.
49. Brozek J, Grande F, Anderson JT, Keys A. Densiometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Annals of the New York Academy of Science.* 1963;110:1113-140.
50. Bruguera M. Liver and physical exercise. *Med Clin (Barc).* 2004;122(3):111-4.
51. Brutsaert TD, Hernandez-Cordero S, Rivera J, Viola T, Hughes G, Haas JD. Iron supplementation improves progressive fatigue resistance during dynamic knee extensor exercise in iron-depleted, non-anemic women. *Am J Clin Nutr.* 2003;77(2):441-8.
52. Buffa R, Mereu RM, Putzu PF, Floris G, Marini E. Bioelectrical impedance vector analysis detects low body cell mass and dehydration in patients with Alzheimer's disease. *J Nutr Health Aging.* 2010;14(10):823-827.
53. Buono MJ, Burke S, Endemann S, Graham H, Gressard C, Griswold L, Michalewicz B. The effect of ambient air temperature on whole-body bioelectrical impedance. *Physiological Measurement.* 2004;25(1), 119.
54. Burke ER. Body composition and weight control. In *Sports Medicine Meets Synchronized Swimming*. Ed. by Wentz BJ & The American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance. 1980;1(1):56-65.
55. Burke LM, Kiens B, Ivy JL. Carbohydrates and fat for training and recovery. *J of Sports Sci.* 2004;22(1):15-30.
56. Burke LM, Loucks AB, Broad N. Energy and carbohydrate for training and recovery. *J Sports Sci.* 2006; 24: 675-685.
57. Burke LM. Energy needs of athletes. *Can J Appl Physiol.* 2001;26:S202-19.
58. Burke LM. New issues in training and nutrition: train low, compete high? *Curr Sports Med Rep.* 2007;6(3):137-8.
59. Burke LM. *Practical sports nutrition*. Australia: Human Kinetics, 2007.

60. Burrows TL, Martin RJ, Collins CE. A systematic review of the validity of dietary assessment methods in children when compared with the method of doubly labeled water. *J Am Diet Assoc.* 2010;110(10):1501-10.
61. Cabañas MD, Esparza F. *Compendio de Cineantropometría.* Madrid: CTO, 2009.
62. Capranica L, Millard-Stafford ML. Youth sport specialization: how to manage competition and training? *Int J Sports Physiol Perform.* 2011;6(4):572-9.
63. Carlson DL, Mawdsley RH. Sports anemia: a review of the literature. *Am J Sports Med.* 1986;14:109-112.
64. Carrasco M, Iruiria A, Iglesias X, Brotons D, Vidal E. Valoración nutricional de los hábitos alimentarios de jóvenes esgrimistas de competición. *Apunts Medicina de l'Esport.* 2008;43:118-26.
65. Carter JEL & Ackland TR. *Kinanthropometry in Aquatic Sports. A Study of World Class Athletes.* Champaign, IL: Human Kinetics, 1994.
66. Carter, JEL. *The Heath-Carter somatotype method.* San Diego: San Diego State University, 1975.
67. Casa DJ, Armstrong LE, Hillman SK, et al. National Athletic Training Association position statement: fluid replacement for athletes. *J Athl Train.* 2000;35(2):212-224.
68. Caton JR, Molé PA, Adams WC, Heustis DS. Body composition analysis by bioelectrical impedance: effect of skin temperature. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 1988;20(5):489-491.
69. Centre d'Ensenyament Superior de Nutrició i Dietetica. Programa de càlculo nutricional CESNID 1.0 (Cd-rom). Universitat de Barcelona: McGraw-Hill, 2003.
70. Chamera T, Spieszny M, Klocek T, Kostrzewa-Nowak D, Nowak R, Lachowicz M, Buryta R, Ciężczyk P. Could biochemical liver profile help to assess metabolic response to aerobic effort in athletes? *J Strength Cond Res.* 2014;28(8):2180-6.
71. Chapman RF. The individual response to training and competition at altitude. *Br J Sports Med.* 2013;47:40-44.
72. Chatard JC, Mujika I, Chantegraille MC, Kostucha J. Performance and physiological responses to a 5-week synchronized swimming technical training programme in humans. *Eur Jo of App Phys & Occup Phys.* 1999a;79(6):479-83.
73. Chatard JC, Mujika I, Guy C, Lacour JR. Anaemia and iron deficiency in athletes. Practical recommendations for treatment. *Sports Med.* 1999b;27:229-240.
74. Cheuvront SN, Kenefick RW, Montain SJ, Sawka MN. Mechanisms of aerobic performance impairment with heat stress and dehydration. *J of Applied Phys.* 2010;109 (6):1989-1995.

75. Chu, D. Athletic training issues in synchronized swimming. *Clin Sports Med.* 1999;18(2): 437-445.
76. Claessens AL, Delbroek W, Lefevre J. The use of different prediction equations for the assessment of body composition in young female gymnasts. Is there a best equations? En T. Jürimae (Ed.), *Body Composition Assessment in Children and Adolescents.* (pp. 139-154). Basel, Switzerland: Karger. 2001.
77. Claessens AL, Lefevre J, Beunen G, Maes H, Stijnen V, Veer AM, Garcet L. A comparison of different prediction equations in determining body composition of outstanding female gymnasts. *Basic Life Sci.* 1993;60:83-4.
78. Cofan-Pujol M. Mecanismos básicos. Absorción y excreción de colesterol y otros esteroides. *Clínica e Investigación en Arteriosclerosis.* 2014;26(1):41-47.
79. Cohen JA. Coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement.* 1960;20:37-46.
80. Cohen RC, Cleary PW, Harrison SM, Mason BR, Pease DL. Pitching effects of buoyancy during four competitive swimming strokes. *J Appl Biomech.* 2014;30(5):609-18.
81. Comín-Beltrán E. Validación de encuestas. *Atención Primaria.* 1990;7:386-390.
82. Conti AA, Macchi C. Protective effects of regular physical activity on human vascular system. *Clin Ter.* 2013;164(4):293-4.
83. Cornish B, Thomas B, Ward L. Effect of temperature and sweating on bioimpedance measurements. *Appl Radiat Isot.* 1998;49:475-476.
84. Craciun AM, Wolf J, Knapen MH, Brouns F, Vermeer C: Improved bone metabolism in female elite athletes after vitamin K supplementation. *Int J Sports Med.* 1998; 19(7):479-84.
85. Cuervo M, Ruiz de las Heras. Alimentación hospitalaria. Dietas hospitalarias. Ediciones Díaz de Santos S.A: Madrid, 2009.
86. Dallman PR. Biochemical basis for the manifestations of iron deficiency. *Ann Rev Nutr.* 1986;6:13-40.
87. Dapcich V, Salvador G, Ribas L, Pérez C, Aranceta J, Serra L. Consejos para una alimentación saludable de la Sociedad Española de Nutrición Comunitaria (SENC) y la Sociedad Española de Medicina de Familia y Comunitaria (SEMFYC)”. Ed: Spanish Society of Community Nutrition (SENC) and Spanish Society of Family and Community Medicine (SEMFYC)”, 2007.
88. Davies BN, Donaldson GC, Joels N. Do the competition rules of synchronized swimming encourage undesirable levels of hypoxia? *British Journal of Sports Medicine.* 1995;29(1):16-9.

89. Davies KM, Heaney RP, Recker RR, Lappe JM, Barger-Lux MJ, Rafferty K, Hinders S. Calcium intake and body weight. *J Clin Endocrinol Metab.* 2000;85(12):4635-8.
90. De Lorenzo A, Andreoli A, Deurenberg P. Impedance ratio as a measure of water shifts. *Ann Nutr Metab.* 1997;41:22-8.
91. De Maeyer J. Natation synchronisée en milieu scolaire. *EPS.* 1989;216:45-48.
92. De Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Elaboración de valores de referencia de la OMS para el crecimiento de escolares y adolescentes. *Boletín de la Organización Mundial de la Salud.* 2007;85:649-732.
93. De Palo T, Messina G, Edefonti A, Perfumo F, Pisanelo L, Peruzzi L, Di Iorio, Mignozzi M, Vienna A, Conti G., Penza R, Piccoli A. Normal values of the bioelectrical impedance vector in childhood and puberty. *Nutrition.* 2000;16(6):417-424.
94. De Paz JA, Villa JG, Lopez P, Gonzalez-Gallego J. Effects of long-distance running on serum bilirubin. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27(12):1590-4.
95. Dellavalle DM. Iron supplementation for female athletes: effects on iron status and performance outcomes. *Curr Sports Med Rep.* 2013;12(5):349.
96. Desbrow B, McCormack J, Burke LM, Cox GR, Fallon K, Hislop M, Logan R, Marino N, Sawyer SM, Shaw G, Star A, Vidgen H, Leveritt M. Sports Dietitians Australia Position Statement: Sports Nutrition for the Adolescent Athlete. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2014;24(5):570-84.
97. Deurenberg P, Weststrate JA, Paymans I, Van Der Kooy K. Factors affecting bioelectrical impedance measurements in humans. *Eur J of Clin Nutr.* 1988;42(12):1017-22.
98. Douglass A. Validation of two subjective rating systems for synchronized swimming. *Educational and Psychological Measurement.* 1979;39(2):373-80.
99. Douka A, Skordilis E, Koutsouki D, Theodorakis Y. Prevalence of eating disorders among elite female athletes in aquatic sports. *Inquiries in Sport & Physical Education.* 2008;6(1):87-96.
100. Drygas WK. Changes in blood platelet function, coagulation, and fibrinolytic activity in response to moderate, exhaustive, and prolonged exercise. *Int J Sports Med.* 1988;9(1):67-72.
101. Dujic Z, Breskovic T. Impact of breath holding on cardiovascular respiratory and cerebrovascular health. *Sports Med.* 2012;42(6):459-72.
102. Dunbar CC, Melahrinides E, Michielli DW, Kalinski MI. Effects of small errors in electrode placement on body composition assessment by bioelectrical impedance. *Res Q for Exerc & Sport.* 1994;65(3):291-294.

103. Durnin JV, Wormersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged 16 to 72 years. *The Brit J of Nutr.* 1974;32:77-97.
104. Durnin, JV, Rahaman MM. The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfolds thickness. *The Brit J of Nutr.* 1967;21:681-689.
105. Durstine JL, Grandjean PW, Cox CA, Thompson PD. Lipids, lipoproteins, and exercise. *J Cardiopulm Rehabil.* 2002;22(6):385-98.
106. Durstine JL, Grandjean PW, Davis PG, Ferguson MA, Alderson NL, DuBose KD. Blood lipid and lipoprotein adaptations to exercise: a quantitative analysis. *Sports Med.* 2001;31(15):1033-62.
107. Earthman C, Traugher D, Dobratz J, Howell W. Bioimpedance spectroscopy for clinical assessment of fluid distribution and body cell mass. *Nutr in Clinical Practice.* 2007;22(4), 389-405.
108. Ebine N, Feng J, Homma M, Saitoh S, Jones, PJ. Total energy expenditure of elite synchronized swimmers measured by the doubly labelled water method. *Eur J of Appl Phys.* 2000;83:1-6.
109. EFSA. Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals. European Food Safety Authority (EFSA), 2006.
110. Eisenmann JC. Blood lipids and lipoproteins in child and adolescent athletes. *Sports Med.* 2002;32(5):297-307.
111. El-Sayed MS, Ali N, El-Sayed Ali Z. Aggregation and activation of blood platelets in exercise and training. *Sports Med.* 2005;35(1):11-22.
112. El-Sayed MS, El-Sayed Ali Z, Ahmadizad S. Exercise and training effects on blood haemostasis in health and disease: an update. *Sports Med.* 2004;34(3):181-200.
113. Eriksson BO. Physical training, oxygen supply, and muscle metabolism in 11-13 year old boys. *Acta Physiol Scand.* 1972;384:1-48.
114. Erlenbusch M, Haub M, Munoz K, MacConnie S, Stillwell B. Effect of high-fat or high-carbohydrate diets on endurance exercise: a meta-analysis. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2005;15:1-14.
115. Evans GG, Christensen CL, Brown DA. Body composition and hip flexibility of synchronized swimmers. Thesis Dissertation. San Jose State University, California. 1990.
116. Evans WD, McClagish H, Trudgett C. Factors affecting the in vivo precision of bioelectrical impedance analysis. *Applied Radiation & Isotopes.* 1998;49(5):485-487.
117. Failace R. Hemograma. Manual de Interpretación. Madrid: Editorial Médica Panamericana SA, 2012.

- 118.FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) & WHO (World Health Organization). Human vitamin and mineral requirements. Rome, Publishing and Multimedia Service, Information Division, FAO, 2001.
- 119.Farajian P, Kavouras SA, Yannakoulia M, Sidossis LS. Dietary intake and nutritional practices of elite Greek aquatic athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2004;14:574-85.
- 120.Fernández C, Lorenzo H, Vrotsou K, Aresti U, Rica I, Sánchez E. Estudio de Crecimiento de Bilbao. Curvas y Tablas de Crecimiento (Estudio Transversal). Bilbao: Instituto de Investigación sobre Crecimiento y Desarrollo. Fundación Faustino Orbegozo Eizaguirre, 2011.
- 121.Fernández del Pozo, M. Problemas asociados a la especialización precoz de las deportistas: gimnasia rítmica. *Estudios sobre ciencias del deporte: las mujeres en la alta competición deportiva (p. 2)*. Consejo Superior de Deportes (CSD): Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. 2001.
- 122.Ferrand C, Magnan C, Philippe RA. Body-esteem, body mass index, and risk for disordered eating among adolescents in synchronized swimming. *Percept Mot Skills.* 2005;101(3):877-84.
- 123.Ferrand C, Magnan C, Rouveix M, Filare E. Disordered eating, perfectionism and body-esteem of elite synchronized swimmers. *Eur J of Sport Sci.* 2007;7(4):223-30.
- 124.Figura F, Cama G, Guidetti L. Heart rate, alveolar gases and blood lactate during synchronized swimming. *J of Sports Sci.* 1993;11(2):103-7.
- 125.FINA. Synchronized swimming official rules. Code of points 2009-2013.
- 126.Fleiss JL. Reliability of measurement in the design and analysis of clinical experiments. New York: John Wiley & Sons, 1986.
- 127.Fogelholm M, Ruokonen I, Laakso JT, Vuorimaa T, Himberg JJ. Lack of association between indices of vitamin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, and B<sub>6</sub> status and exercise-induced blood lactate in young adults. *Int J Sport Nutr* 1993a;3(2):165-76.
- 128.Fogelholm M, Sievänen H, Kukkonen-Harjula K, Oja P, Vuori I. Effects of meal and its electrolytes on bioelectrical impedance. In: Ellis KJ, Eastman JD eds. *Human body composition*. New York: Springer; 1993b:331-332.
- 129.Fortes MB, Diment BC, Di Felice U, Walsh NP. Dehydration decreases saliva antimicrobial proteins important for mucosal immunity. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2012;37(5):850-859.
- 130.Foster C, Daines E, Hector L, Snyder AC, Welsh R. Athletic performance in relation to training load. *Wis Med J.* 1996;95:370-374.
- 131.Foster KR, Lukaski HC. Whole-body impedance what does it measure? *J Clin Nutr.* 1996;64:S388-96.

132. Gabrilo G, Peric M, Stipic M. Pulmonary function in pubertal synchronized swimmers: 1-year follow-up results and its relation to competitive achievement. *Medical Problems Of Performing Artists*. 2011;26(1):39-43.
133. Gallagher M, Walker K, O'Dea K. The influence of a breakfast meal on the assessment of body composition using bioelectrical impedance. *Eur J Clin Nutr*. 1998;52:94-97.
134. Garby L, Lammert O, Nielsen E. Negligible effects of previous moderate physical activity and changes in environmental temperature on whole body electrical impedance. *Eur J Clin Nutr*. 1990;44:545-48.
135. Garg R, Malinow M, Pettinger M, Upson B, Hunninghake D. Niacin treatment increases plasma homocysteine levels. *Am Heart J*. 1999;138(6):1082-7.
136. Garrido RP, Garnés AF, González-Lorenzo M. Índice de masa corporal y porcentaje de grasa en deportistas. *Apunts Medicina de l'Esport*. 2006;198:5-13.
137. Gartner A, Maire B, Delpuech F, Sarda P, Dupuy RP, Rieu D. Importance of electrode position in bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr*. 1992;56(6):1067-8.
138. Gatterer H, Schenk K, Ferrari P, Faulhaber M, Schopp E, Burtscher M. Changes in hydration status of soccer players competing in the 2008 European Championship. *J Sports Med Phys Fitness*. 2011;51:89-94.
139. Gatterer H, Schenk K, Laninschegg L, Schlemmer P, Lukaski H, Burtscher M. Bioimpedance identifies body fluid loss after exercise in the heat: a pilot study with body cooling. *PLoS One*. 2014;9(10):e109729.
140. Gemma KE, Wells CL. Heart rates of elite synchronized swimmers. *Physician and Sportsmedicine*. 1987;15(10):99-106.
141. Gibbs JC, Williams NI, De Souza MJ. Prevalence of individual and combined components of the female athlete Triad. *Med Sci Sports Exerc*. 2013;45(5):985-96.
142. Gibson RS, Heath AL, Ferguson EL. Risk of suboptimal iron and zinc nutriture among adolescent girls in Australia and New Zealand: causes, consequences, and solutions. *Asia Pac J Clin Nutr*. 2002;11(3):S543-52.
143. Gibson RS. *Principles of nutritional assessment*. Oxford: University Press, 2005.
144. Gleeson M, Bishop NC. Elite athlete immunology: importance of nutrition. *Int J Sports Med*. 2000b;21(1):S44-50.
145. Gleeson M, Bishop NC. Special feature for the Olympics: effects of exercise on the immune system modification of immune responses to exercise by carbohydrate, glutamine and anti-oxidant supplements. *Inmunol Cell Biol*. 2000a;78:554-61.
146. Gleeson M, Nieman DC, Pedersen BK. Exercise, nutrition and immune function. *J Sports Sci*. 2004;22(1):115-25.

147. Gleichauf CN, Roe DA. The menstrual cycle's effect on the reliability of bioimpedance measurements for assessing body composition. *Am J Clin Nutr.* 1989;50(5):903-7.
148. Goldfarb AH. Antioxidants: role of supplementation to prevent exercise induced oxidative stress. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25(2):232-6.
149. Goldfarb AH. Nutritional antioxidants as therapeutic and preventive modalities in exercise-induced muscle damage. *Can J Appl Physiol.* 1999;24(3):249-66.
150. Gonzalez-Gallego J, Sanchez P, Mataix J. *Nutrición en el deporte. Ayudas ergogénicas y dopaje.* Madrid: Diaz de Santos, 2006.
151. Grados F, Brazier M, Kamel S, Duver S, Heurtebize N, Maamer M, Mathieu M, Garabedian M, Sebert JL, Fardellone P. Effects on bone mineral density of calcium and vitamin D supplementation in elderly women with vitamin D deficiency. *Joint Bone Spine.* 2003;70(3):203-8.
152. Grimnes S & Martinsen OG. *Bioimpedance and Bioelectricity. Basics.* London: Academic Press, 2000.
153. Gualdi-Russo E, Toselli S. Influence of various factors on the measurement of multifrequency bioimpedance. *Journal of Comparative Human Biology.* 2002;53(1): 1-16.
154. Gudivaka R, Schoeller D, Kushner RF. Effect of skin temperature on multifrequency bioelectrical impedance analysis. *J Appl Physiol.* 1996;81:838-845.
155. Guglielmi FW, Contento F, Laddaga C, Panella C, Francavilla A. Bioelectric impedance analysis: experience with male patients with cirrhosis. *Hepatology.* 1991;13:892-5.
156. Gunter KB, Almstedt HC, Janz KF. Physical activity in childhood may be the key to optimizing lifespan skeletal health. *Exerc Sport Sci Rev.* 2012;40(1):13-21.
157. Hackney AC, Koltun KJ. The immune system and overtraining in athletes: clinical implications. *Acta Clin Croat.* 2012;51(4):633-41.
158. Hallberg L. Iron absorption and iron deficiency. *Clin Nutr.* 1982;36:259-278.
159. Harris JA, Benedict FG. *A biometric study of basal metabolism in man.* Carnegie Institution of Washington, 279. Philadelphia: Ed. JB Lippincott Company, 1919.
160. Haskell WL. The influence of exercise on the concentrations of triglyceride and cholesterol in human plasma. *Exerc Sport Sci Rev.* 1984;12:205-44.
161. Hawes MR, Sovak D. Skeletal ruggedness as a factor in performance of Olympic and national calibre synchronized swimmers. *J of Sports Sci.* 1990; 8:163-64.
162. Heaney S, O'Connor H, Michael S, Gifford J, Naughton G. Nutrition knowledge in athletes: a systematic review. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2011;21(3):248-61.

- 163.Hew-Butler T, Verbalis JG, Noakes TD. Updated fluids recommendation: position statement from the International Marathon Medical Directors Association. *Clin J Sport Med.* 2006;16:283-92.
- 164.Hoffman J. Physiological aspects of sport training and performance. In J Hoffman (Ed). Champaign, Illinois: Human Kinetics, 2014.
- 165.Holmes B, Dick K, Nelson M. A comparison of four dietary assessment methods in materially deprived households in England. *Public Health Nutr.* 2008;11(5):444-56.
- 166.Homma M, Homma M. Coaching points for the technique of the eggbeater kick in synchronized swimming based on three dimensional motion analysis. *Sports Biomechanics.* 2005;4(1):73-88.
- 167.Homma M, Takahshi G. Heart rate response during exercise with breath holding in synchronized swimming. *Suiei Suichu Undo Kagaku.* 1999;11(1):27-38.
- 168.Homma M. Relationship between eggbeater kick and suport scull skills, and isokinetic peak torque. Proceedings of the XI International Symposium of Biomechanics and Medicine in Swimming. Eds. Kjendlie PL, Stallman RK, Cabri J. Norwegian School of Sport Science, Oslo, 16<sup>th</sup>-19<sup>th</sup> June 2010, 91-93.
- 169.Homma M. The components and the time of ‘face in’ of the routines in synchronized swimming. *Medicine and Sport Science.* 1994;39:149-54.
- 170.Hu M, Lin W. Effects of exercise training on red blood cell production: implications for anemia. *Acta Haematol.* 2012;127(3):156-64.
- 171.Huffman DM. Exercise as a calorie restriction mimetic: implications for improving healthy aging and longevity. *Interdiscip Top Gerontol.* 2010;37:157-74.
- 172.Iglesias X, Rodríguez-Zamora L, Barrero A, Torres L, Chaverri D, Rodríguez FA. Monitoring internal load parameters during competitive synchronized swimming duet routines in elite athletes. Book of abstracts of the 18<sup>th</sup> Annual Congress of the European College of Sport Science, Barcelona (Spain), June 26<sup>th</sup>-29<sup>th</sup>, 2013, pp.84.
- 173.Ikarugi H, Shibata M, Shibata S, Ishii H, Taka T, Yamamoto J. High intensity exercise enhances platelet reactivity to shear stress and coagulation during and after exercise. *Pathophysiol Haemost Thromb.* 2003;33(3):127-33.
- 174.Illner AK, Freisling H, Boeing H, Huybrechts I, Crispim SP, Slimani N. Review and evaluation of innovative technologies for measuring diet in nutritional epidemiology. *Int J Epidemiol.* 2012;41(4):1187-203.
- 175.Imai S, Endo M, Ohtsuke I. *Muscle Physiology and biochemistry.* Dordrecht (The Netherlands): Kluwer Academic Publishers, 1999.
- 176.IOC. Synchronized swimming: participation during the history of the Olympic Games. Research and reference service of the Olympic studies center, Lausanne, Switzerland, 2011.

- 177.Irurtia A, Busquets A, Marina M, Pons V, Carrasco M. Talla, peso, somatotipo y composición corporal en gimnastas femeninas de élite a lo largo de la edad. *Archivos de Medicina del Deporte*. 2008;25(126):189-97.
- 178.Irurtia A, Pons V, Busquets A, Marina M, Carrasco M, Rodríguez L. Talla, peso, somatotipo y composición corporal en gimnastas de élite españolas (gimnasia rítmica) desde la infancia hasta la edad adulta. *Apunts. Educación Física y Deportes*. 2009;95: 64-74.
- 179.Irurtia A. Valoración multidimensional y rendimiento deportivo en gimnasia artística masculina. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona, Barcelona, 2010.
- 180.Ito, S. Fundamental fluid dynamic research on configuration of the hand palm in synchronized swimming. *Port J Sport Sci*. 2006;6(2):S265-268.
- 181.Jamnik VK. An evaluation of the physiological responses to competitive synchronized swimming and the physiological characteristics of elite synchronized swimmers. Master Thesis, York University, Toronto. 1986.
- 182.Janakiraman K, Shenoy S, Sandhu JS. Intravascular haemolysis during prolonged running on asphalt and natural grass in long and middle distance runners. *J Sports Sci*. 2011;29(12):1287-92.
- 183.Jeacocke NA, Burke LM. Methods to standardize dietary intake before performance testing *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2010;20(2):87-103.
- 184.Jeukendrup AE. Carbohydrate and exercise performance: the role of multiple transportable carbohydrates. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2010;13(4):452-7.
- 185.Jeukendrup AE. Carbohydrate during exercise: research of last 10 years turned into new recommendations. *Apunts. Educación Física y Deporte*. 2013a;113:7-22.
- 186.Jeukendrup AE. The new carbohydrate intake recommendations. *Nestle Nutr Inst Workshop Ser*. 2013b;75:63-71.
- 187.Kabasakalis A, Kalitsis K, Tsalis G, Mougios V. Imbalanced nutrition of top-level swimmers. *Int J Sports Med*. 2007;28(9):780-6.
- 188.Kanda K, Sugama K, Sakuma J, Kawakami Y, Suzuki K. Evaluation of serum leaking enzymes and investigation into new biomarkers for exercise-induced muscle damage. *Exerc Immunol Rev*. 2014;20:39-54.
- 189.Kargotich S, Goodman C, Keast D, Morton AR. The influence of exercise-induced plasma volume changes on the interpretation of biochemical parameters used for monitoring exercise, training and sport. *Sports Med*. 1998;26:101-117.
- 190.Kim CH, Park JH, Kim H, Chung S, Park SH. Modeling the human body shape in bioimpedance vector measurements. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2010:3872-4.
- 191.Kirkendall DT, DeLio DJ, Hagerman GR, Fox ET. Body composition of elite and intermediate class synchronized swimmers. *Synchro*. 1982;1:10-12.

192. Kjendlie PL, Ingjer F, Stallman RK, Stray-Gundersen J. Factors affecting swimming economy in children and adults. *Eur J Appl Physiol*. 2004;93(1):65-74.
193. Koury J, Torres A, Trugo NM. Phase angle and body impedance vectors in adolescent and adult male athletes. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014;9(5):798-804.
194. Kreider RB, Wilborn CD, Taylor L, Campbell B, Almada AL, Collins R, Cooke M, Earnest CP, Greenwood M, Kalman DS, Kerksick CM, Kleiner SM, Leutholtz B, Lopez H, Lowery LM, Mendel R, Smith A, Spano M, Wildman R, Willoughby DS, Ziegenfuss TN, Antonio J. ISSN exercise and sport nutrition review: research and recommendations. *J Int Soc Sports Nutr*. 2010;7(7):1-43.
195. Kühn LC. Control of cellular iron transport and storage at the molecular level. In: Hallberg LA, et al., eds. *Iron nutrition in health and disease*. 17-29. London, John Libbey & Company, 1996.
196. Kurtin PS, Shapiro AC, Tomita H, Raizman D. Volume status and body composition of chronic dialysis patients: utility of bioelectric impedance plethysmography. *Am J Nephrol*. 1990;10:363-7.
197. Kushner RF, Gudivaka R, Schoeller DA. Clinical characteristics influencing bioelectrical impedance analysis measurements. *Am J Clin Nutr*. 1996;64:S423-27.
198. Kushner RF, Schoeller DA. Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr*. 1986;44:417-24.
199. Kushner RF. Bioelectrical impedance analysis: a review of principles and applications. *Journal of the American College of Nutrition*. 1992;11(2):199-209.
200. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, Heitmann BL, Kent-Smith L, Melchior JC, Pirlich M. Bioelectrical impedance analysis - part I: review of principles and methods. *Clin Nutr*. 2004a;23:1226-43.
201. Kyle UG., Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, Pichard C. Bioelectrical impedance analysis - part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr*. 2004b;23(6):1430-53.
202. Latunde-Dada GO. Iron metabolism in athletes--achieving a gold standard. *Eur J Haematol*. 2013;90(1):10-5.
203. Lauth WW. Hepatic Circulation: Physiology and Pathophysiology. In *Colloquium Series on Integrated Systems Physiology: from Molecule to Function*. New Jersey, Morgan & Claypool Life Sciences, 2010.
204. Lee D. Eating attitudes, weight concerns, dietary intake and menstruation among Korean elite female athletes. *Nutritional Sciences*. 2005;8(2):118-24.
205. Lee KW, Lip GY. Effects of lifestyle on hemostasis, fibrinolysis, and platelet reactivity: a systematic review. *Arch Intern Med*. 2003;163(19):2368-92.

206. Lehmann M, Dickhuth HH, Gendrisch G, Lazar W, Thum M, Kaminski R, Aramendi JF, Peterke E, Wieland W, Keul J. Training-overtraining. A prospective, experimental study with experienced middle and long-distance runners. *Int J Sports Med.* 1991;12(5):444-52.
207. Lemaître F, Joulia F, Chollet D. Apnea: a new training method in sport? *Medical Hypotheses.* 2010;74(3):413-5.
208. Lemon PW. Beyond the zone: protein needs of active individuals. *J Am Coll Nutr.* 2000;19:S513-21.
209. Lemon PW. Dietary protein requirements in athletes. *J Nutr Biochem.* 1997;8:52-60.
210. Liang M, Norris S. Effects of skin blood flow and temperature on bioelectric impedance after exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25:1231-39.
211. Liang MT, Arnaud SB, Steele CR, Hatch P, Moreno A. Ulnar and tibial bending stiffness as an index of bone strength in synchronized swimming and gymnasts. *Eur J of Appl Phys.* 2005;94:400-7.
212. Lin YC, Shida KK, Hong SK. Effects of hypercapnia, hypoxia, and rebreathing on heart rate response during apnea. *J of Appl Phys.* 1983;54(1):166-71.
213. Lioudaki E, Ganotakis ES, Mikhailidis DP. Liver enzymes: potential cardiovascular risk markers? *Curr Pharm Des.* 2011;17(33):3632-43.
214. Lippi G, Maffulli N. Biological influence of physical exercise on hemostasis. *Semin Thromb Hemost.* 2009;35(3):269-76.
215. Lohman TG. Applicability of body composition techniques and constants for children and youths. *Exerc Sport Sci Rev.* 1986;14:325-57.
216. Lombardi G, Colombini A, Lanteri P, Banfi G. Reticulocytes in sports medicine: an update. *Adv Clin Chem.* 2013;59:125-53.
217. Lott JA, Landesman PW. The enzymology of skeletal muscle disorders. *Crit Rev Clin Lab Sci.* 1984;20(2):153-90.
218. Loucks AB, Kiens B, Wright HH. Energy availability in athletes. *J of Sports Sci.* 2011;29(1):S7-15.
219. Luciani G, Giungi S, Di Mugno M. Kidney and sports. *Urología.* 2010;77(2):107-11.
220. Lukaski HC, Bolonchuk W, Siders W, Hall C. Body composition assessment of athletes using bioelectrical impedance measurements. *J Sports Med Phys Fitness.* 1990;30:434-40.
221. Lukaski HC, Johnson P, Bolonchuk W, Lykken G. Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *Am J Clin Nutr.* 1985;41:810-817.

- 222.Lukaski HC, Johnson PE, Bolonchuk W, Lykken GI. Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *Am J Clin Nutr.* 1985;41:810-7.
- 223.Lukaski HC, Moore MM. Bioelectrical impedance assessment of wound healing. *J Diabetes Sci Technol.* 2012;6:209-12.
- 224.Lukaski HC, Piccoli A. Bioelectrical impedance vector analysis for assessment of hydration in physiological states and clinical conditions. In, *Handbook of Anthropometry: Springer*, 2012:287-305.
- 225.Lukaski HC. Biological indexes considered in the derivation of the bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr.* 1996;64:S397-404.
- 226.Lukaski HC. Evaluation of body composition: why and how? *Mediterr J Nutr Metab.* 2009;2:1-10.
- 227.Lukaski HC. Evolution of bioimpedance: a circuitous journey from estimation of physiological function to assessment of body composition and a return to clinical research. *Eur J of Clin Nutr.* 2013;67:S2-9.
- 228.Lukaski HC. Magnesium, zinc, and chromium nutrition and athletic performance. *Can J Appl Physiol.* 2001;26:S13-22.
- 229.Lukaski HC: Magnesium, zinc, and chromium nutrition and athletic performance. *Can J Appl Physiol.* 2001;26:S13-22.
- 230.Lundy B. Nutrition for synchronized swimming: a review. *Int J Sport Nutr & Exerc Metab.* 2011;21(5):436-45.
- 231.Lusseveld EM, Peters ET, Deurenberg P. Multifrequency bioelectrical impedance as a measure of differences in body water distribution. *Annals of Nutrition and Metabolism.* 1993;37(1):44-51.
- 232.Ma Y, Olendzki BC, Pagoto SL, Hurley TG, Magner RP, Ockene IS, Schneider KL, Merriam PA, Hébert JR. Number of 24-hour diet recalls needed to estimate energy intake. *Ann Epidemiol.* 2009;19(8):553-9.
- 233.Madsen KL, Adams WC, Van Loan MD. Effects of physical activity, body weight and composition, and muscular strength on bone density in young women. *Med & Sci in Sports & Exerc.* 1998;30(1):114-20.
- 234.Maimoun L, Georgopoulos NA, Sultan C. Endocrine disorders in adolescent and young female athletes: impact on growth, menstrual cycles, and bone mass acquisition. *J Clin Endocrinol Metab.* 2014;99(11):4037-50.
- 235.Mairbäurl H. Red blood cells in sports: effects of exercise and training on oxygen supply by red blood cells. *Front Physiol.* 2013;4:332-33.
- 236.Mallinson JM, De Souza MJ. Current perspectives on the etiology and manifestation of the “silent” component of the female athlete triad. *Int J of Women’s Health.* 2014;6:451-67.

- 237.Mandic GF, Peric M, Krzelj L, Stankovic S, Zenic N. Sports nutrition and doping factors in synchronized swimming: parallel analysis among athletes and coaches. *J Sports Sci Med*. 2013;12(4):753–760.
- 238.Mandic GF, Peric M, Krzelj L, Stankovic S, Zenic N. Sports nutrition and doping factors in synchronized swimming: parallel analysis among athletes and coaches. *J Sports Sci Med*. 2013;12(4):753–760.
- 239.Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A, Carter JEL. International standards for anthropometric assessment. Potchefstroom, South Africa: ISAK, 2006.
- 240.Margaritis I, Tessier F, Prou E, Marconnet P, Marini JF. Effects of endurance training on skeletal muscle oxidative capacities with and without selenium supplementation. *J Trace Elem Med Biol*. 1997;11(1):37-43.
- 241.Markou KB, Mylonas P, Theodoropoulou A, Kontogiannis A, Leglise M, Vagenakis AG, Georgopoulos NA. The influence of intensive physical exercise on bone acquisition in adolescent elite female and male artistic gymnasts. *J Clin Endocrinol Metab*. 2004;89(9):4383-7.
- 242.Marques-López I, Babio-Sánchez N. Determinación de la ingesta dietético-nutricional. En *Nutrición y Dietética para la Actividad Física y el Deporte*. Ed. VM Rodríguez-Rivera & A Urdampilleta. La Coruña: Netbiblio SL, 2013: 129-37.
- 243.Martin AD. An anatomical basis for assessing human body composition: evidence from 25 dissections. PhD Thesis, Simon Fraser University, pp 77. 1984.
- 244.Martin-Baena J, Escrivá R, Romero B, Giner M. La encuesta alimentaria. Una revisión de distintos métodos. *Rev Clin Esp*. 1993;192:57-64.
- 245.Martín-Moreno JM, Gorgojo L. Valoración de la ingesta dietética a nivel poblacional mediante cuestionarios individuales: sombras y luces metodológicas. *Rev Esp Salud Pública*. 2007;81:507-18.
- 246.Mataix J. *Nutrición y alimentación humana*. Madrid: Ergon, 2002.
- 247.Mattar JA. Application of total body bioimpedance to the critically ill patient. *Brazilian Group for Bioimpedance Study*. New Horiz. 1996;4:493-96.
- 248.Mattson MP, Kruman II, Duan W: Folic acid and homocysteine in age related disease. *Ageing Res Rev*. 2002;1(1):95-111.
- 249.Maughan J. Effects of dehydration and rehydration on performance. In *Nutrition in Sport*. Ed. RJ Maughan & IOC Medical Commission. 2000;2:216-25.
- 250.Maughan R. The athlete's diet: nutritional goals and dietary strategies. *Proc Nutr Soc*. 2002;61(1):87-96.
- 251.Maughan RJ, Burke LM. Practical nutritional recommendations for the athlete. *Nestle Nutr Inst Workshop Ser*. 2011;69:131-49.
- 252.Maughan RJ, Burke LM. *Sports Nutrition*. Malden, MA: Blackwell Science, 2002.

253. McClung JP, Gaffney-Stomberg E, Lee JJ. Female athletes: a population at risk of vitamin and mineral deficiencies affecting health and performance. *J Trace Elem Med Biol.* 2014;5(14):127-8.
254. McGarvey J, Thompson J, Hanna C, Noakes TD, Stewart J, Speedy D. Sensitivity and specificity of clinical signs for assessment of dehydration in endurance athletes. *Br J Sports Med.* 2010;44:716-19.
255. McKee JE, Cameron N. Bioelectrical impedance changes during the menstrual cycle. *Am J Hum Biol.* 1997;9:155-61.
256. Meyer F, Volterman KA, Timmons BW, Wilk B. Fluid balance and dehydration in the young athlete assessment considerations and effects on health and performance. *Am J Lifestyle Med.* 2012;6:489-501
257. Micheli M, Pagani L, Marella M, Gulisano M, Piccoli A, Angelini F, Burtscher M, Gatterer H. Bioimpedance and impedance vector patterns as predictors of male elite soccer players. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014;9(3):532-39
258. Micheli ML, Gulisano M, Morucci G, Punzi T, Ruggiero M, Ceroti M, Marella M, Castellini E, Pacini S. Angiotensin-converting enzyme/vitamin D receptor gene polymorphisms and bioelectrical impedance analysis in predicting athletic performances of Italian young soccer players. *J Strength Cond Res.* 2011;25(8):2084-91.
259. Millet GP, Roels B, Schmitt L, Woorons X, Richalet JP. Combining hypoxic methods for peak performance. *Sports Med.* 2010;40(1):1-25.
260. Millward DJ. Protein and amino acid requirements of athletes. *J Sports Sci.* 2004;22(1):143-4.
261. Mitchell CO, Rose J, Familoni B, Winters S, Ling F. The use of multifrequency bioelectrical impedance analysis to estimate fluid volume changes as a function of the menstrual cycle. In: Ellis KJ, Eastman JD, eds. *Human body composition: in vivo methods, models and assessment.* New York: Plenum Press, 1993:189-91.
262. Modlesky CM, Cureton KJ, Lewis RD, Prior BM, Sloniger MA, Rowe DA. Density of the fat-free mass and estimates of body composition in male weight trainers. *J Appl Physiol.* 1996;80:2085-96.
263. Moffat R, Katch VL, Freedson P, Lindemann J. Body composition of synchronized swimmers. *Can J of Appl Sport Sci.* 1980;5(3):153-155.
264. Mondazzi L, Arcelli E. Glycemic index in sport nutrition. *J Am Coll Nutr.* 2009;28:S455-63.
265. Montain SJ, Coyle EF. Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J Appl Physiol.* 1992;73:1340-50.
266. Montfort-Steiger V, Williams CA. Carbohydrate intake considerations for young athletes. *J Sports Sci Med.* 2007;6(3):343-52.

267. Moon JR. Body composition in athletes and sports nutrition: an examination of the bioimpedance analysis technique. *Eur J Clin Nutr.* 2013;67:S54-9.
268. Mooren FC, Lechtermann A, Volker K. Exercise-induced apoptosis of lymphocytes depends on training status. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36:1476-83.
269. Moreiras O, Carbajal A, Cabrera L, Cuadrado C. Ingestas recomendadas de energía y nutrientes. *Tablas de composición de alimentos.* Madrid: Ediciones Pirámide; 2013
270. Mountjoy M. Injuries and medical issues in synchronized Olympic sports. *Current Sports Medicine Reports.* 2009;8(5):255-61.
271. Mountjoy M. The basics of synchronized swimming and its injuries. *Clinics In Sports Medicine.* 1999;18(2):321-36.
272. Murray R, Bartoli WP, Eddy DE, Horn MK: Physiological and performance responses to nicotinic-acid ingestion during exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 1995;27(7):1057-62.
273. Nagano M, Suita S, Yamanoushi T. The validity of bioelectrical bioimpedance phase angle for nutritional assessment in children. *J Pediatr Surgery.* 2000;35(7):1035-39.
274. Naranjo J, Centeno RA, Carranza MD, Cayetano M. A test for evaluation of exercise with apneic episodes in synchronized swimming. *Int J of Sports Med.* 2006;27(12):1000-4.
275. Nelson M, Black AE, Morris JA, Cole TJ. Between- and within-subject variation in nutrient intake from infancy to old age: estimating the number of days required to rank dietary intakes with desired precision. *Am J Clin Nutr.* 1989;50(1):155-167.
276. Nescolarde L, Yanguas J, Lukaski HC, Alomar X, Rosell-Ferrer J, Rodas G. Localized bioimpedance to assess muscle injury. *Phys Meas.* 2013;34(2):237-40.
277. Nescolarde L, Yanguas J, Medina D, Rodas G, Rosell-Ferrer J. Assessment and follow-up of muscle injuries in athletes by bioimpedance: preliminary results. In *Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE* (pp. 1137-1140).
278. Neumayr G, Pfister R, Hoertnagl H, Mitterbauer G, Prokop W, Joannidis M. Renal function and plasma volume following ultramarathon cycling. *Int J Sports Med.* 2005;26(1):2-8.
279. Ney JG, Koury JC, Azeredo VB, Casimiro-Lopes G, Trugo NM, Torres AG. Associations of n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids and tocopherols with proxies of membrane stability and subcutaneous fat sites in male elite swimmers. *Nutr Res.* 2009;29(9):623–630.
280. Nielsen FH, Lukaski HC. Update on the relationship between magnesium and exercise. *Magnesium Research.* 2006;19(3):180-89.

- 281.Nieman DC. Exercise immunology: nutritional countermeasures. *Can J Appl Physiol.* 2001;26:S45-55.
- 282.NIH Consensus Statement. Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement: National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement. *Am J Clin Nutr.* 1996;64:S524-32.
- 283.Noë JG, Dosa A, Ranky M, Pavlik G. Cardiovascular results of an individually controlled complex prevention. *Acta Physiol Hung.* 2014;101(1):1-12.
- 284.Norman K, Stobäus N, Pirlich M, Bösy-Westphal A. Bioelectrical phase angle and impedance vector analysis—Clinical relevance and applicability of impedance parameters. *Clin Nutr.* 2012;31:854-61.
- 285.Norman K, Stobäus N, Zocher D, et al. Cutoff percentiles of bioelectrical phase angle predict functionality, quality of life, and mortality in patients with cancer. *Am J Clin Nutr.* 2010;92(3):612–619.
- 286.O’Brien C, Young AJ, Sawka MN. Bioelectrical impedance to estimate changes in hydration status. *Int J Sports Med.* 2002;23:361-66.
- 287.Oldridge NB, Heigenhauser GJ, Jones NL. Cardiorespiratory response to arm cranking and treadmill walking in female swimmers. *Canadian Journal Of Applied Sport Sciences Journal.* 1979;4(4):4-7.
- 288.Oppliger RA, Bartok C. Hydration testing for athletes. *Sports Med.* 2002;32:959-971.
- 289.Ortega RM, Aparicio A, Aranceta J, Perea JM. Nutrición en población femenina: desde la infancia a la edad avanzada. Madrid: Ergon, 2007.
- 290.Ottomano C, Franchini M. Sports anemia: facts or fiction? *Blood Transfus.* 2012;10(3):252-54.
- 291.Palacios N, Franco L, Manonelles P, Manuz B, Villegas JA. Consenso sobre bebidas para el deportista. Composición y pautas de reposición de líquidos. Documento de consenso de la Federación Española de Medicina del Deporte. *Archivos de Medicina del Deporte.* 2008;25(126):245-58.
- 292.Palacios N, Montalvo Z, Ribas AM. Alimentación, nutrición e hidratación en el deporte. Madrid: Consejo Superior de Deportes, 2009.
- 293.Palha de Oliveira F, Adao-Perini T, Lameira de Oliveira G, Dos Santos P, Silva R, Ornellas J. Physiological characteristics of the elite synchronized swimmers juniors and seniors. *Efdeportes.com (revista digital).* 2007;12(112):1-9.
- 294.Parham P. *The Immune System.* New York: Garland Science Publishing, 2009.
- 295.Pasricha SR, Low M, Thompson J, Farrell A, De-Regil LM. Iron supplementation benefits physical performance in women of reproductive age: a systematic review and meta-analysis. *J Nutr.* 2014;144(6):906-14.

296. Pazikas MGA, Curi A, Aoki MS. Comportamento de variáveis fisiológicas em atletas de nado sincronizado durante uma sessão de treinamento na fase de preparação para as Olimpíadas de Atenas 2004. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2005;11:357-62.
297. Peake JM. Exercise-induced alterations in neutrophil degranulation and respiratory burst activity: possible mechanisms of action. *Exerc Immunol Rev*. 2002;8:49-100.
298. Pedersen BK, Bruunsgaard H, Jensen M, Krzywkowski K, Ostrowski K. Exercise and immune function: effect of ageing and nutrition. *Proc Nutr Soc*. 1999;58(3):733-42.
299. Peric M, Cavar M, Zenic N, Sekulic D, Sajber D. Predictors of competitive achievement among pubescent synchronized swimmers: an analysis of the solo-figure competition. *J Sports Med Phys Fitness*. 2014;54(1):16-26.
300. Peric M, Zenic N, Mandic GF, Sekulic D, Sajber D. The reliability, validity and applicability of two sport-specific power tests in synchronized swimming. *Journal of Human Kinetics*. 2012;32:135-45.
301. Perini A, Vieira RS, Dos Santos P; De Oliveira GL, Dos Santos J; De Oliveira F. Eating disorders in elite synchronized swimmers. *Rev Bras Med Esporte*. 2009;15(1):54-57.
302. Petersen EW, Ostrowski K, Ibfelt T, Richelle M, Offord E, Halkjaer-Kristensen J, Pedersen BK. Effect of vitamin supplementation on cytokine response and on muscle damage after strenuous exercise. *Am J Physiol Cell Physiol*. 2001;280(6):1570-5.
303. Phillips SM, Moore DR, Tang JE. A critical examination of dietary protein requirements, benefits, and excesses in athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2007;17:S58-76.
304. Piccoli A, Nigrelli S, Caberlotto A, Bottazzo S, Rossi B, Pillon L, Maggiore Q. Bivariate normal values of the bioelectrical impedance vector in adult and elderly populations. *Am J Clin Nutr*. 1995;61:269-70.
305. Piccoli A, Pastori G, Codognotto M, Paoli A. Equivalence of information from single frequency v. bioimpedance spectroscopy in bodybuilders. *Br J Nutr*. 2007; 97:182-92.
306. Piccoli A, Pastori G. BIVA Software. In. Padua, Italy: Department of Medical and Surgical Sciences, University of Padua, 2002.
307. Piccoli A, Piazza P, Noventa D, Pillon L, Zaccaria M. A new method for monitoring hydration at high altitude by bioimpedance analysis. *Med Sci Sports Exerc*. 1996a;28: 1517-22.
308. Piccoli A, Rossi B, Pillon L, Bucciante G. A new method for monitoring body fluid variation by bioimpedance analysis: the RXc graph. *Kidney Int*. 1994;46:534-539.

309. Piccoli A, Rossi B, Pillon L, Bucciante G: Body fluid overload and bioelectrical impedance analysis in renal patients. *Miner Electrolyte Metab.* 1996b;22:76-78.
310. Piccoli A. Bioelectric impedance measurement for fluid status assessment. In Ronco C, Costanzo MR, Bellomo R, Maisel AS (eds): *Fluid Overload: Diagnosis and Management.* *Contrib Nephrol.* Basel, Karger, 2010, vol 164, pp 143–152.
311. Poole GW, Crepin BJ, Seigny M. Physiological characteristics of elite synchronized swimmers. *Canadian J of Appl Sport Sci.* 1980;5(3):156-60.
312. Poortmans JR, Boisseau N, Moraine JJ, Moreno-Reyes R, Goldman S. Estimation of total-body skeletal muscle mass in children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(2):316-322.
313. Poortmans JR, Dellalieux O. Do regular high protein diets have potential health risks on kidney function in athletes? *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2000;10(1):28-38.
314. Porta J, Bescós R, Iurtia A, Cacciatori E, Vallejo L. Assessment of body fat in physically active young people: anthropometry vs bioimpedance. *Nutr Hosp.* 2009;24(5):529-34.
315. Prior BM, Modlesky CM, Evans EM, Sloniger MA, Saunders MJ, Lewis RD, Cureton KJ. Muscularity and the density of the fat-free mass in athletes. *J of Appl Phys.* 2001;90(4):1523-31.
316. Prothery C, Lancha L. Natation synchronisée. *EPS.* 1993;65:23-24.
317. Rallison LR, Kushner RF, Penn D, Schoeller DA. Errors in estimating peritoneal fluid by bioelectrical impedance analysis and total body electrical conductivity. *J Am Coll Nutr.* 1993;12:66-72.
318. Ramsay R, Wolman R. Are synchronized swimmers at risk of amenorrhoea? *British Journal of Sports Medicine.* 2001;35:242-44.
319. Reamy BV, Thompson PD. Lipid disorders in athletes. *Curr Sports Med Rep.* 2004;3(2):70-6.
320. Reid IR. Therapy of osteoporosis: calcium, vitamin D, and exercise. *Am J Med Sci.* 1996;312(6):278-86.
321. Reljic D, Hassler E, Jost J, Friedmann-Bette B. Rapid weight loss and the body fluid balance and hemoglobin mass of elite amateur boxers. *Journal of Athletic Training.* 2013;48(1):109-17.
322. RFEN. Reglamento de natación sincronizada 2013-17. Real Federación Española de Natación, Madrid, 2013.
323. Ribeiro AS, Avelar A, Schoenfeld BJ, Ritti Dias RM, Altimari LR, Cyrino ES. Resistance training promotes increase in intracellular hydration in men and women. *Eur J Sport Sci.* 2014;14(6):578-85

324. Robach P, Boisson RC, Vincent L, Lundby C, Moutereau S, Gergel  L, Michel N, Duthil E, F asson L, Millet GY. Hemolysis induced by an extreme mountain ultra-marathon is not associated with a decrease in total red blood cell volume. *Scand J Med Sci Sports*. 2014;24(1):18-27.
325. Roberts D, Smith D. Serum ferritin values in elite speed and synchronized swimmers and speed skaters. *The Journal of Laboratory and Clinical Medicine*. 1990;116(5):661-65.
326. Robertson S, Benardot D, Mountjoy M. Nutritional recommendations for synchronized swimming. *Int J of Sport Nutr & Exerc Met*. 2014;24:404-13.
327. Robson PJ, Blannin AK, Walsh NP, Castell LM, Gleeson M. Effects of exercise intensity, duration and recovery on in vitro neutrophil function in male athletes. *Int J Sports Med*. 1999;20:128-135.
328. Roby FB, Atwater AE, Going SB, Lohman TG, Puhl JL, Tucker M. Bone mineral content in synchronized swimmers. In *Proceedings of the First IOC World Congress on Sports Sciences* (pp. 198–199). Colorado Springs, CO: U.S. Olympic Committee, 1988.
329. Roby FB, Buono HJ, Constable SH, Lowdon BJ, Tsao WY. Physiological characteristics of synchronized swimmers. *The Physician & Sportsmedicine*. 1983;11(4):136-147.
330. Rocha M. Peso óseo do brasileiro de ambos sexos de 17 a 25 anos. *Arquivos de Anatomía e Antropologia*. 1975;1:445-51.
331. Rodríguez FA, Aragonés MT. Valoración funcional de la capacidad de rendimiento físico. En J. González (Ed.). *Fisiología de la Actividad Física y del Deporte*. (pp. 237-278). Madrid: Interamericana-McGraw/Hill, 1992.
332. Rodríguez FA, Truijens MJ, Townsend NE, Stray-Gundersen J, Gore CJ, Levine BD. Performance of runners and swimmers after four weeks of intermittent hypobaric hypoxic exposure plus sea level training. *J Appl Physiol*. 2007;103(5):1523-35.
333. Rodríguez G, Moreno LA, Sarr a A, Fleta J, Bueno M. Assessment of nutritional status and body composition in children using physical anthropometry and bioelectrical impedance: influence of diurnal variations. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*. 2000;30(3):305-9.
334. Rodríguez NR, Di Marco NM, Langley S. American College of Sports Medicine position stand: nutrition and athletic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2009;41(3):709-731.
335. Rodríguez-Zamora L, Iglesias X, Barrero A, Chaverri D, Erola P, Rodríguez FA. Physiological responses in relation to performance during competition in elite synchronized swimmers. *PLoS One*. 2012;7(11):e49098.

- 336.Rodríguez-Zamora L, Iglesias X, Barrero A, Chaverri D, Irurtia A, Erola P, Rodríguez FA. Perceived exertion, time of immersion and physiological correlates in synchronized swimming. *Int J Sports Med.* 2014b;35(5):403-11.
- 337.Rodríguez-Zamora L, Iglesias X, Barrero A, Torres L, Chaverri D, Rodríguez FA. Monitoring internal load parameters during competitive synchronized swimming duet routines in elite athletes. *J Strength Cond Res.* 2014a;28(3):742-51.
- 338.Rolland-Cachera MF, Brambilla P, Manzoni P, Akrouit M, Sironi S, Del Maschio A, Chiumello, G. Body composition assessed on the basis of arm circumference and triceps skinfold thickness: a new index validated in children by magnetic resonance imaging. *Am J Clin Nutr.* 1997;65(6):1709-13.
- 339.Ronsen O, Pedersen BK, Oritsland TR, Bahr R, Kjeldsen-Kragh J. Leukocyte counts and lymphocyte responsiveness associated with repeated bouts of strenuous endurance exercise. *J Appl Physiol.* 2001;91:425-34.
- 340.Roos AN, Westendorp RGJ, Frolich M, Meinders AE. Tetrapolar body impedance is influenced by body posture and plasma sodium concentration. *Eur J Clin Nutr.* 1992;46:53-60.
- 341.Ross WD, Corlett JT, Drinkwater DT, Faulkner R, Vajda. Anthropometry of synchronized swimming. Unpublished proceedings of the Canadian Association of Sports Sciences Symposium, Winnipeg, Canada. 1977.
- 342.Ross WD, Marfell-Jones MJ. Kinanthropometry. Ithaca, NY: Movement Publications, 1982.
- 343.Rush EC, Crowley J, Freitas IF, Amy L. Validity of hand-to-foot measurement of bioimpedance: standing compared with lying position. *Obesity.* 2006;14(2):252-57.
- 344.Russolillo G, Marques I. Listas de intercambios de alimentos para la confección de dietas y planificación de menús. Editorial: Intercambio de Alimentos. Pamplona: España. 2010.
- 345.Sajber D, Peric M, Spasic M, Zenic N, Sekulic D. Sport-specific and anthropometric predictors of synchronized swimming performance. *Int J Perf Analysis Sport.* 2013;13(1):23-37.
- 346.Sambanis M, Kofotolis N, Kalogeropoulou E, Noussios G, Sambanis P, Kalogeropoulos J. A study of the effects on the ovarian cycle of athletic training in different sports. *J Sports Med Phys Fitness.* 2003;43(3):398-403.
- 347.Sandström G. Iron deficiency in female adolescent athletes - prevalence, mechanisms and diagnostics. Doctoral Thesis, University of Gothenburg, Sweden, 2014.
- 348.Sawka MN, Montain SJ. Fluid and electrolyte supplementation for exercise heat stress. *Am J Clin Nutr.* 2000;72(2):S564-72.
- 349.Scaglioni S, Salvioni M, Galimberti C. Influence of parental attitudes in the development of children eating behaviour. *Br J Nutr.* 2008;99:S22-5.

350. Schagatay E, Holm B. Effects of water and ambient air temperatures on human diving bradycardia. *Eur J of Appl Phys.* 1996;73(2):1-6.
351. Schwenk A, Beisenherz A, Romer K, Kremer G, Salzberger B, Elia M. Phase angle from bioelectrical impedance analysis remains an independent predictive marker in HIV-infected patients in the era of highly active antiretroviral treatment. *Am J Clin Nutr.* 2000;72(2):496-501.
352. Sedlaka TW, Salehb M, Higginsonb DS, Paulb BD, Julurib KR, Snydera SH. Bilirubin and glutathione have complementary antioxidant and cytoprotective roles. *Proc Natl Acad Sci.* 2009;106(13):5171-6.
353. Seldin DW, Giebisch G. The kidney. physiology and pathophysiology. Volume I. In DW Seldin & G Giebisch (Eds.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2000.
354. Serra-Majem L, Aranceta J. *Nutrición infantil y juvenil: estudio enKid.* Barcelona: Editorial Masson, 2004.
355. Serra-Majem L, Aranceta J. *Nutrición y salud pública: métodos, bases científicas y aplicaciones.* Barcelona: Editorial Masson, 2006.
356. Serra-Majem L, Morales D, Domingo C, Caubet E, Ribas L, Nogués RM. Comparación de dos métodos de valoración de la ingesta de alimentos y nutrientes: recordatorio de 24 horas y cuestionario de frecuencia semicuantitativo. *Med Clin.* 1994;103:652-656.
357. Sharma U, Pal D, Prasad R. Alkaline phosphatase: an overview. *Indian J Clin Biochem.* 2014;29(3):269-78.
358. Sharp RL. Role of sodium in fluid homeostasis with exercise. *J Am Coll Nutr.* 2006;25(3):S231-39.
359. Shaw G, Boyd KT, Burke LM, Koivisto A. Nutrition for swimming. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2014;24(4): 360-72.
360. Shek PN, Sabiston BH, Buguet A, Radomski MW. Strenuous exercise and immunological changes: a multiple-time-point analysis of leukocyte subsets, CD4/CD8 ratio, immunoglobulin production and NK cell response. *Int J Sports Med.* 1995;16: 466-74.
361. Siest G, Galteau MM. Variations of plasmatic enzymes during exercise. *Enzyme.* 1974;17(3):179-95.
362. Singh A, Failla ML, Deuster PA. Exercise-induced changes in immune function: effects of zinc supplementation. *J Appl Physiol.* 1994;76(6):2298-303.
363. Siri WE. Gross composition of the body. In: Lawrence J & Tobias CA *Advanced in biological and medical physics.* New York, Academic Press, 1956.
364. Siu PM, Wong HS. Use of the glycemic index: effects on feeding patterns and exercise performance. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci.* 2004;23(1):1-6.

- 365.Slinde F, Bark A, Jansson J, Rossander-Hulthen L. Bioelectrical impedance variation in healthy subjects during 12 h in the supine position. *Clin Nutr.* 2003;22:153-7.
- 366.Slinde F, Rossander-Hulthén L. Bioelectrical impedance: effect of 3 identical meals on diurnal impedance variation and calculation of body composition. *The American Journal of Clinical Nutrition.* 2001;74(4):474-78.
- 367.Smith D. Heart rate and blood lactate concentration response to an in-water routine by synchronized Swimmers. *Canadian Journal of Sport Sciences.* 1988;13(3):2.
- 368.Smith JA. Exercise, training and red blood cell turnover. *Sports Med.* 1995;19(1):9-31.
- 369.Souverein OW, de Boer WJ, Geelen A, van der Voet H, de Vries JH, Feinberg M, van't Veer P. Uncertainty in intake due to portion size estimation in 24-hour recalls varies between food groups. *J Nutr.* 2011;141(7):1396-401.
- 370.Stolarz-Skrzypek K, Staessen JA. Reducing salt intake for prevention of cardiovascular disease-times are changing. *Adv Chronic Kidney Dis.* 2015;22(2):108-115.
- 371.Stone NJ, Robinson JG, Lichtenstein AH, Goff DC, Lloyd-Jones DM, Smith SC, Blum C, Schwartz JS. Treatment of blood cholesterol to reduce atherosclerotic cardiovascular disease risk in adults: Synopsis of the 2013 American College of Cardiology/American Heart Association Cholesterol Guideline. *Annals of Internal Medicine,* 2014;160(5):339-43.
- 372.Sundgot-Borgen J, Torstveit MK. Prevalence of eating disorders in elite athletes is higher than in the general population. *Clinical Journal of Sport Medicine.* 2004;14(1): 25–32.
- 373.Sydnor S. A history of synchronized swimming. *Journal of Sport History* 1988;25(2):16-17
- 374.Takamoto M, Mutoh Y. Physiological characteristics and injuries of synchronized swimmers. *Jpn J Sports Sci.* 1983;2:500-8.
- 375.Tam N, Noakes TD. The quantification of body fluid allostasis during exercise. *Sports Med.* 2013;43(12):1289-99.
- 376.Tanaka C, Iida T, Tawara Y, Murata M, Takamatsu J, Honma M, Kawahara T. Characteristics of bone density in adolescent synchronized swimmers - Relationships between bone density, daily physical activity and dietary intake. *Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine.* 2006;55(1):165–174.
- 377.Tarnopolsky M. Protein and amino acids needs for training and bulking up. In: Burke LM, Deakin V, eds. *Clinical Sports Nutrition*, 3rd Edition. Boston: McGraw-Hill, 2006, 73-98.
- 378.Tatu A. Natation synchronisée, logique et composantes. Les entrées possibles. *EPS.* 2002;295:74-76.

379. Teo W, Newton MJ, McGuigan MR. Circadian rhythms in exercise performance: implications for hormonal and muscular adaptation. *J Sports Sci Med*. 2011;10(4):600-6.
380. Tessier F, Margaritis I, Richard MJ, Moynot C, Marconnet P. Selenium and training effects on the glutathione system and aerobic performance. *Med Sci Sports Exerc*. 1995;27(3):390-6.
381. Thorens B. Central control of glucose homeostasis: the brain--endocrine pancreas axis. *Diabetes Metab*. 2010;36(3):S45-9.
382. Tiidus PM, Houston ME: Vitamin E status and response to exercise training. *Sports Med*. 1995;20(1):12-23.
383. Tipton KD, Witard OC. Protein requirements and recommendations for athletes: relevance of ivory tower arguments for practical recommendations. *Clin Sports Med*. 2007;26(1):17-36.
384. Tipton KD. Efficacy and consequences of very-high-protein diets for athletes and exercisers. *Proc Nutr Soc*. 2011;70(2):205-14.
385. Toro J, Galilea B, Martinez-Mallén E, Salamero M, Capdevila L, Mari J, Mayolas J, Toro E. Eating disorders in Spanish female athletes. *Int J Sports Med*. 2005;26(8):693-700.
386. Torres AG, Oliveira KJF, Oliveira-Júnior AV, Gonçalves MC, Koury JC. Biological determinants of phase angle among Brazilian elite athletes. *Proc Nutr Soc*. 2008;67:332.
387. Torstveit MK, Sundgot-Borgen J. The female athlete triad: are elite athletes at increased risk? *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37(2):184-93.
388. Truswell A. Glycaemic index of foods. *Eur J of Clin Nutr*. 1992;46(2):S91-101.
389. Tsalis G, Nikolaidis MG, Mougios V. Effects of iron intake through food or supplement on iron status and performance of healthy adolescent swimmers during a training season. *Int J Sports Med*. 2004;25(4):306-13.
390. Valentine V. The importance of salt in the athlete's diet. *Curr Sports Med Rep*. 2007;6(4):237-40.
391. Van Dyke DC, Stumbo PJ, Mary JB, Niebyl JR: Folic acid and prevention of birth defects. *Dev Med Child Neurol*. 2002;44(6):426-9.
392. Van Loan M, Mayclin P. Bioelectrical impedance analysis: is it a reliable estimator of lean body mass and total body water? *Hum Biol*. 1987;59:299-309.
393. Vanden-Auweele Y, Boen F, De Geest A, Feys F. Judging bias in synchronized swimming: open feedback leads to non-performance-based conformity. *J of Sport & Exerc Phys*. 2004;26:561-71.

394. Vanderjagt DJ, Trujillo M, Bode-Thomas F, Huang YS, Chuang LT, Glew RH. Phase angle correlates with n-3 fatty acids and cholesterol in red cells of Nigerian children with sickle cell disease. *Lipids Health Dis.* 2003;2:2-3.
395. Vidal-Garcia E. Manual práctico de nutrición y dietoterapia. Barcelona: Instituto Monsa de Ediciones, 2009.
396. Walsh GP. «Kellerman, Annette Marie Sarah (1886 - 1975)». *Australian Dictionary of Biography.* Melbourne, Australia: University Press, 1983.
397. Walsh NP, Gleeson M, Pyne DB, Nieman DC, Dhabhar FS, Shephard RJ, Oliver SJ, Bermon S, Kajeniene A. Position statement. Part two: Maintaining immune health. *Exerc Immunol Rev*, 2011b;17:64-103.
398. Walsh NP, Gleeson M, Shephard RJ, Gleeson M, Woods JA, Bishop NC, Fleshner M, Green C, Pedersen BK, Hoffman-Goetz L, Rogers CJ, Northoff H, Abbasi A, Simon P. Position statement. Part one: Immune function and exercise. *Exerc Immunol Rev*, 2011a;17:6-63.
399. Watelet J, Bigard MA. Gastrointestinal and liver disorders in athletes. *Gastroenterol Clin Biol.* 2005;29(5):522-32.
400. Webster MJ. Physiological and performance responses to supplementation with thiamin and pantothenic acid derivatives. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1998;77(6):486-91.
401. Weight LM, Byrne MJ, Jacobs P. Haemolytic effects of exercise. *Clin Sci*, 1991; 81(2):147-52.
402. Weinberg SK. Medical aspects of synchronized swimming. *Clinics In Sports Medicine.* 1986;5(1):159-67.
403. Wendt D, van Loon LJ, Lichtenbelt WD. Thermoregulation during exercise in the heat: strategies for maintaining health and performance. *Sports Med.* 2007;37(8):669-82.
404. White LJ, Dressendorfer RH, Holland E, McCoy SC, Ferguson MA. Increased calorie intake soon after exercise in cold water. *Int J of Sport Nutr & Exerc Metab.* 2005;15(1):38-47.
405. Williams MH. *Nutrición para la salud, la condición física y el deporte.* Barcelona: Editorial Paidotribo, 2002.
406. Williams MH. Vitamin supplementation and athletic performance. *Int J Vitam Nutr Res.* 1989;30:163-91.
407. Withers RT, Whittingham NO, Norton KI, La Forgia J, Ellis MW, Crockett A. Relative body fat and anthropometric prediction of body density of female athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1987;56(2):169-80.

408. World Health Organization. Mean Body Mass Index (BMI). Situation and trends. In Global Health Observatory (GHO) data. [http://www.who.int/gho/ncd/risk\\_factors/bmi\\_text/en/](http://www.who.int/gho/ncd/risk_factors/bmi_text/en/). Accessed in 01/02/2015.
409. World Health Organization. Micronutrient deficiencies: iron deficiency anaemia. <http://www.who.int/nutrition/topics/ida/en/>. Accessed in 01/02/2015.
410. Würch A. La femme et le sport. *Médecine Sportive Française*. 1974;4:441-45.
411. Yamamura C, Zushi S, Takata K, Ishiko T, Matsui N, Kitagawa K. Physiological characteristics of well-trained synchronized swimmers in relation to performance scores. *Int J of Sports Med*. 1999;20(4):246-51.
412. Yera-Cobo M, Naranjo-Orellana J. Efectos del ejercicio físico sobre la hemostasia: una revisión del problema. *Archivos de Medicina del Deporte*. 2011;28(141):45-55.
413. Zdolsek HJ, Lindahl OA, Sjöberg F. Non-invasive assessment of fluid volume status in the interstitium after haemodialysis. *Physiol Meas*. 2000;21:211-12.
414. Zemel MB. Mechanisms of dairy modulation of adiposity. *J Nutr*. 2003b;133(1):S252-56.
415. Zemel MB. Role of dietary calcium and dairy products in modulating adiposity. *Lipids*. 2003a;38(2):139-46.
416. Zenic N, Peric M, Zubcevic NG, Ostojic Z, Ostojic L. Comparative analysis of substance use in ballet, dance sport, and synchronized swimming: results of a longitudinal study. *Med Probl Perform Art*. 2010;25(2):75-81.
417. Zhu F, Schneditz D, Wang E, Levin NW. Dynamics of segmental extracellular volumes during changes in body position by bioimpedance analysis. *J Appl Physiol*. 1998;85:497-504.
418. Zhu YI, Haas JD. Iron depletion without anemia and physical performance in young women. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1997;66(2):334-41.
419. Zorbas YG, Kakurin VJ, Kuznetsov NA, Yarullin VL, Andreyev ID, Charapakhin KP. Measurements in potassium-supplemented athletes during and after hypokinetic and ambulatory conditions. *Biol Trace Elem Res*. 2002;85(1):1-22.

## **9 ANEXOS**

## 9.1 Anexo 1. Registro alimentario 24h/7d

Nombre y Apellidos	
--------------------	--

En el presente cuestionario se deben anotar todos los alimentos, bebidas, suplementos dietéticos y/o preparados, consumidos durante un plazo de **7 días**, uno de los cuales debe ser un domingo. A cada día le corresponde 1 hoja (7 hojas). Además les adjuntamos una primera a modo de ejemplo y una serie de fotografías que ayudarán a complementar mejor el registro.

Se deben registrar todos los alimentos, bebidas y/o preparados, sin olvidar aquellos que hayan sido tomados entre horas: cafés, bebidas, aperitivos, golosinas... En este sentido, es muy importante incluir la cantidad de vasos de agua u otras bebidas ingeridas a lo largo del día.

- En la **primera columna** de cada hoja se deberá anotar: la hora de inicio, finalización y lugar de la comida (casa, cafetería, restaurante, instituto, de camino a la sala de entrenamiento...)
- En la **segunda columna** de cada hoja se deberá anotar: la **CANTIDAD DE CADA ALIMENTO** tomado con la mayor precisión posible. Entre paréntesis os señalamos cómo indicarnos las cantidades mediante medidas caseras: a) bebidas (vasos, tazas, copas...); b) sopas, caldos o purés (platos grandes, normales o pequeños); c) carnes (filetes, pechugas, ¼ de pollo o conejo, etc.); d) pescados (filetes o rodajas); e) verduras (ración como 1r plato o como guarnición); f) hortalizas como zanahorias, tomates, pepinos (cantidad de piezas); g) frutas (cantidad de piezas); h) legumbres y pastas (plato pequeño, normal, grande); i) patatas (además del número, indicar si éstas son pequeñas, normales o grandes); j) huevos, canalones... (número); k) aceite (número de cucharadas soperas); l) azúcar (por cucharadas, sobres o terrones); m) salsas y/o queso rallado (número de cucharadas soperas); n) pan (en rebanadas, en el caso de los bocadillos: ¼ de barra, ½ barra, etc.); ñ) embutidos y quesos (número de lonchas); o) cereales (en tazas: 1 taza = 3 puñados); p) galletas y/o bollería (número); q) miel y/o mermeladas (cucharadas pequeñas o de postre); r) Yogures y/o derivados lácteos como natillas, flanes... (número); s) frutos secos (en unidades: 10 almendras, 5 avellanas, etc.).
- En la **tercera columna** de cada hoja se deberá anotar **EL TIPO DE ALIMENTOS** de cada una de las comidas del día, aportando el máximo número de datos que sea posible, sobre los ingredientes consumidos: a) Indicar la marca comercial siempre que esto sea posible; b) indicar si el alimento es normal, bajo en calorías, o enriquecido (por ejemplo: leche entera, desnatada, semidesnatada...); c) indicar el tipo de aceite, de queso, de pan...; d) indicar el tipo de preparación: fritos, hervidos, a la plancha, al vapor, etc.; e) en el caso de suplementos dietéticos, indicar: marca, tipo (vitaminas, minerales, etc.).

Cualquier duda o aclaración, pueden indicarla en el apartado de observaciones (adjuntado justo después de cada comida). Así mismo, pueden dirigir sus dudas o sugerencias al siguiente correo electrónico: [martacm8@gmail.com](mailto:martacm8@gmail.com).

**DIA QUE SIRVE A MODO DE EJEMPLO**

<b>ALIMENTOS Y SUPLEMENTOS CONSUMIDOS POR LA MAÑANA</b>		
<b>DESAYUNO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TIPOS DE ALIMENTOS/MARCAS/TIPOS DE COCCIÓN/ETC.</b>
Hora de inicio: 07:00h am	1	Taza de leche desnatada
Hora de finalización: 07:20h am	1	Taza de Cereales "All-Bran"
Lugar: casa	1	Vaso de zumo de naranja natural
Observaciones:		
<b>MEDIA MAÑANA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TIPOS DE ALIMENTOS/MARCAS/TIPOS DE COCCIÓN/ETC.</b>
Hora de inicio: 11:00h am	1	Vaso de agua
Hora de finalización: 11:30 am	1/4	Barra de pan de cereales
Lugar: Universidad	3	Lonzas de queso "El ventero" bajo en grasa
	1	Cucharada sopera de aceite de oliva virgen
Observaciones:		
<b>COMIDA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TIPOS DE ALIMENTOS/MARCAS/TIPOS DE COCCIÓN/ETC.</b>
Hora de inicio: 14:00h pm	1	Plato pequeño de lechuga
Hora de finalización: 11:30 am	1	Tomate
Lugar: Universidad	1	Zanahoria
	1	Cucharada sopera de maiz dulce
	1 y 1/2	Cucharada sopera de aceite de oliva virgen
	1	Pechuga de pollo a la plancha
	1	Guarnición de patatas fritas
	1	Tajada de melón
	2	Vasos de agua
	1	Café solo
	1	Sobre de azúcar moreno
Observaciones:		
<b>ALIMENTOS Y SUPLEMENTOS CONSUMIDOS POR LA TARDE/NOCHE</b>		
<b>MERIENDA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TIPOS DE ALIMENTOS/MARCAS/TIPOS DE COCCIÓN/ETC.</b>
Hora de inicio: 17:30h pm	1	Yogur natural
Hora de finalización: 17:50 pm	1	Sobre de azúcar
Lugar: Casa	20	Almendras
	1	Vaso de agua
Observaciones:		
<b>CENA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TIPOS DE ALIMENTOS/MARCAS/TIPOS DE COCCIÓN/ETC.</b>
Hora de inicio: 21:30h pm	1	Plato normal de judías verdes hervidas
Hora de finalización: 22:00 pm	2	Patatas pequeñas hervidas
Lugar: Casa	1	Rodaja de salmón al vapor
	1	Tomate de ensalada
	1 y 1/2	Cucharada sopera de aceite de oliva virgen
	2	Vasos de agua
	1	Manzana
Observaciones:		
<b>ENTRE HORAS...</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TIPOS DE ALIMENTOS/MARCAS/TIPOS DE COCCIÓN/ETC.</b>
Hora de inicio: 23:00h pm	1	Vaso de leche desnatada
Hora de finalización: 23:10 pm	1	Cucharada sopera de colacao
Lugar: Casa		
Hora de inicio:		
Hora de finalización:		
Lugar:		
Hora de inicio:		
Hora de finalización:		
Lugar:		

ALIMENTOS Y SUPLEMENTOS CONSUMIDOS POR LA MAÑANA		
DESAYUNO	CANTIDAD	TIPOS DE ALIMENTOS/MARCAS/TIPOS DE COCCIÓN/ETC.
Hora de inicio: Hora de finalización: Lugar:		
Observaciones:		
MEDIA MAÑANA	CANTIDAD	TIPOS DE ALIMENTOS/MARCAS/TIPOS DE COCCIÓN/ETC.
Hora de inicio: Hora de finalización: Lugar:		
Observaciones:		
COMIDA	CANTIDAD	TIPOS DE ALIMENTOS/MARCAS/TIPOS DE COCCIÓN/ETC.
Hora de inicio: Hora de finalización: Lugar:		
Observaciones:		
ALIMENTOS Y SUPLEMENTOS CONSUMIDOS POR LA TARDE/NOCHE		
MERIENDA	CANTIDAD	TIPOS DE ALIMENTOS/MARCAS/TIPOS DE COCCIÓN/ETC.
Hora de inicio: Hora de finalización: Lugar:		
Observaciones:		
CENA	CANTIDAD	TIPOS DE ALIMENTOS/MARCAS/TIPOS DE COCCIÓN/ETC.
Hora de inicio: Hora de finalización: Lugar:		
Observaciones:		
ENTRE HORAS...	CANTIDAD	TIPOS DE ALIMENTOS/MARCAS/TIPOS DE COCCIÓN/ETC.
Hora de inicio: Hora de finalización: Lugar:		
Hora de inicio: Hora de finalización: Lugar:		
Hora de inicio: Hora de finalización: Lugar:		

## 9.2 Anexo 2. Permiso de consentimiento informado

**Proyecto:** “Caracterización bioenergética y estructural de la natación sincronizada”.

**Organismo responsable:** Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña (INEFC).

**Grupo de investigación:** Grup de Recerca en Ciències de l'Esport de l'INEFC Barcelona

**Financiación:** Consejo Superior de Deportes (CSD) e Institut Català de les Dones (ICD).

**Colaboración:** Real Federación Española de Natación y Federació Catalana de Natació.

**Director del Grupo de Investigación:** Dr. Ferran A. Rodríguez Guisado.

**Investigador principal del proyecto:** Dr. Xavier Iglesias Reig.

**Doctoranda (valoración nutricional):** Marta Carrasco Marginet.

**Directores de la doctoranda:** Dr. Daniel Brotons i Cuixart, Dr. Alfredo Irurtia Amigó.

### Datos personales

Nombre	<input type="text"/>	Apellidos	<input type="text"/>
Dirección	<input type="text"/>	CP	<input type="text"/>
DNI	<input type="text"/>	Teléfono de contacto	<input type="text"/>
E-mail	<input type="text"/>		
Padre, madre o tutor legal (<18 años)	<input type="text"/>		
Teléfono de contacto	<input type="text"/>	E-mail	<input type="text"/>

### Información sobre el estudio

#### Objetivos generales del proyecto

1. Caracterizar la respuesta fisiológica y bioenergética de deportistas en la realización de diferentes rutinas libres y técnicas de natación sincronizada (solo, dúo y equipo), en entrenamiento y competición, mediante el análisis de la frecuencia y la variabilidad cardiaca, de la acumulación de lactato en sangre y de la percepción del esfuerzo.
2. Caracterizar la estructura técnica de las distintas rutinas mediante análisis observacional.
3. Relacionar los datos de ambos análisis para comprender mejor la relación entre prestación técnica y carga fisiológica.

#### Objetivos específicos (valoración nutricional)

- Caracterizar el estado nutricional y de hidratación de una submuestra correspondiente a las mejores nadadoras de las categorías previas a la élite deportiva.
- Proponer pautas nutricionales para la salud y la mejora del rendimiento deportivo en natación sincronizada.

#### Procedimientos

Si así lo decides, participarás en el estudio de forma voluntaria, de acuerdo con tu entrenador/a, según la propuesta del equipo de investigación, consensuada con el equipo técnico de la RFEN. En una primera fase se realizarán las valoraciones de los entrenamientos, en tu club o en la jornada previa al Campeonato de España.

Aunque es posible que no se te pida participar en todas ellas, a continuación resumimos todas las fases del estudio:

- Registro de los latidos cardiacos en competición y entrenamiento. Antes de la rutina, tanto en entrenamiento como en competición, te colocaremos en el tórax, debajo del bañador, un monitor diseñado especialmente para el medio acuático, que registrará tus latidos cardiacos durante la ejecución de la rutina técnica y la libre (solo, dúo y equipo). Este instrumento es similar a los pulsímetros convencionales, pero se caracteriza por su mayor fiabilidad y especificidad en el registro de los latidos cardiacos en el agua. Al registrar los latidos uno a uno, permite el análisis de la variabilidad de la frecuencia cardiaca durante el ejercicio. El registro se graba en la placa de memoria situada su parte posterior y no en un reloj colocado en la muñeca como en los modelos convencionales, evitando el problema de la transmisión de datos en el agua.
- Valoración de la concentración de lactato en rutinas de competición. En esta fase se procederá a tomar pequeñas muestras sanguíneas (una gota de sangre capilar de unos 20 microlitros) del lóbulo de la oreja, en reposo y en los minutos 3, 5, 7 y 10 después del ejercicio. Se trata de un procedimiento muy simple y prácticamente indoloro, similar al que realizan las personas con diabetes para analizar sus niveles de glucosa. Un equipo sanitario especializado realizará las extracciones, cuyo objetivo es valorar la intensidad metabólica (anaeróbica) de los distintos tipos de rutina competitiva.
- Filmación en video de cada una de las rutinas para su posterior análisis, llevado a cabo por una especialista en natación sincronizada y mediante la aplicación de la metodología observacional.
- Valoración de la percepción de la intensidad del esfuerzo. Después de la ejecución de las rutinas, tanto técnica como libre, se te pedirá que valores en una escala visual, señalando de 1 a 10, el número que mejor describa la intensidad del esfuerzo que acabas de realizar (escala proporcional de 10 niveles de Borg).
- Valoración nutricional, basada en el registro durante 24 horas, 7 días a la semana, de todos los alimentos y bebidas consumidas. Adicionalmente, se realizará un análisis antropométrico y de bioimpedancia. Finalmente, se procederá a solicitar las analíticas de sangre correspondientes al seguimiento normal del proceso de entrenamiento y competición (nadadoras júnior).

### **Inconvenientes**

No se prevén riesgos ni efectos secundarios debidos al uso de los instrumentos utilizados para la investigación. El uso del monitor del pulso cardiaco no supone ningún riesgo ni debería limitar tu libertad de movimientos. La punción necesaria para extraer unas gotas de sangre capilar, que será realizada por personal cualificado y en condiciones de asepsia, es prácticamente indolora, aunque en ocasiones puede dejar un pequeño hematoma en el lóbulo de la oreja, que desaparece en unos días. Ni el material antropométrico ni el bioimpedanciómetro serán causa de algún tipo de dolor o molestia física relacionada.

### **Uso confidencial e información**

Todos los datos obtenidos en este estudio son confidenciales. Sólo el equipo investigador tendrá acceso a los mismos y estarán protegidos contra cualquier uso indebido. No obstante, a menos que manifiestes tu disconformidad, los resultados de interés para el entrenamiento serán facilitados a tu entrenador/a o médico/a deportivo/a. Con posterioridad al estudio y una vez llevado a cabo el análisis de los datos, el equipo investigador te hará entrega de un informe individual que contendrá información relevante sobre tus resultados. También recibirás información sobre los hallazgos del estudio. De acuerdo con la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de protección de datos de carácter personal, te informamos de que tus datos serán incorporados a un fichero, cuya finalidad es la de recoger información de tipo científico y permitir su análisis posterior a cargo de investigadores cualificados. Puedes ejercer tus derechos de acceso, rectificación o cancelación al Instituto Nacional de Educación Física de Catalunya, cuya dirección es Av. de l'Estadi, 12-22, 08038 Barcelona.

### Libre participación con conocimiento de causa

Participo en el estudio voluntariamente, con el consentimiento de mis padres o tutores si soy menor de edad, con total libertad para abandonar el estudio en cualquier momento. No obstante, soy consciente de que mi participación es muy importante para el éxito del proyecto y me permitirá obtener una información relevante sobre mi respuesta fisiológica y mi capacidad técnica, así como de mi estado nutricional.

### Por favor, contesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Has leído la hoja de información referida al proyecto? Sí  No
2. ¿Has tenido oportunidad de plantear preguntas y discutir sobre el estudio con tu entrenador/a y/o un investigador? Sí  No
3. ¿Has recibido contestaciones adecuadas a tus preguntas? Sí  No
4. ¿Has recibido suficiente información acerca del estudio? Sí  No
5. ¿Has entendido que eres libre de retirarte del estudio? Sí  No
6. ¿Estás de acuerdo en la publicación de los resultados del estudio en congresos y revistas científicas? Sí  No
7. ¿Estás de acuerdo en que pueda aparecer tu imagen en fotos o vídeos que se obtengan para documentar el estudio? Sí  No

### Consentimiento informado

Habiendo sido informada de las condiciones de mi participación, manifiesto que comprendo los procedimientos y sus posibles riesgos o inconvenientes, que participo bajo mi propia responsabilidad y que consiento libre y voluntariamente a participar en el estudio, con la autorización de mis padres o tutores si soy menor de edad. No tengo inconveniente en que los resultados sean entregados a mi entrenador y/o mi médico/a ni en que mi imagen sea utilizada para documentar el estudio.

Firma:

Nombre y firma de un testigo

Firma del tutor legal (menores de 18 años)

### 9.3 Anexo 3. Aprobación comité de ética

**Consell Català  
de l'Esport**

Av. Països Catalans, 40-48  
08960 Esplugues de Llobregat  
Tel. 93 480 49 00  
Fax 93 480 49 10

Dr. Xavier Iglesias i Reig  
INEFC  
Av. de l'Estadi, s/núm.  
08038 Barcelona

2607-LA

Generalitat de Catalunya  
Consell Català de l'Esport

Número: 00995/10261/2010  
Data: 15/11/2010 10:43:05

Registre de sortida

Senyor,

Adjunt, us acompanyo el certificat, en relació a l'acord adoptat pel Comitè d'Ètica d'Investigacions clíniques de l'Administració esportiva de Catalunya en relació al projecte "Caracterització bioenergètica i estructural de la natació sincronitzada".

Atentament,

  
Carles Trullols i Clemente  
Secretari Comitè d'Ètica

Esplugues de Llobregat, 10 de novembre de 2010



Generalitat de Catalunya  
Comitè d'Ètica d'Investigacions Clíniques  
de l'Administració Esportiva de Catalunya

**CARLES TRULLOLS I CLEMENTE, RESPONSABLE DE SUPORT JURÍDIC I TÈCNIC  
DEL CONSELL CATALÀ DE L'ESPORT, ACTUANT COM A SECERTARI DEL COMITÈ  
D'ÈTICA D'INVESTIGACIONS CLÍNiques DE L'ADMINISTRACIÓ ESPORTIVA DE  
CATALUNYA**

**CERTIFICO**

Que en la reunió duta a terme el dia 10 de novembre de 2010, aquest Comitè d'Ètica va acordar avaluar favorablement el projecte presentat pel Dr. Xavier Iglesias i Reig titulat **"Caracterització bioenergètica i estructural de la natació sincronitzada"**.

La qual cosa faig constar als efectes oportuns

Esplugues de Llobregat, 10 de novembre de 2010

## 9.4 Anexo 4. Dieta-tipo para natación sincronizada

<b>DIETA-TIPO PARA NATACIÓN SINCRONIZADA (DOBLE SESION DE ENTRENAMIENTO) *</b>	
<b>JUSTO ANTES DE LA 1º SESIÓN DE ENTRENAMIENTO (≈06:00h a 06:30h)</b>	
1 barrita energética	1,5 ración de farináceos
<b>1ª SESIÓN DE ENTRENAMIENTO (07:00h a 09:00h)</b>	
500 ml de bebida isotónica o agua a intervalos regulares de 125 ml cada 15-20 minutos	
<b>DESAYUNO (≈ 09:15h)</b>	
1 pieza mediana (150 g) de fruta fresca	1 ración de frutas
2 medidas individuales (70 g) de cereales de desayuno	1 ración de farináceos
1 bol de leche semidesnatada (250 g)	1 ración de lácteos
<b>MEDIA MAÑANA (≈11:30h, durante la pausa escolar)</b>	
1/2 porción/barra pequeña (50 g) de pan blanco de barra	0,50 raciones de farináceos
1 porción individual (75 g) de queso fresco	1 ración de queso
<b>COMIDA (≈14:30h)</b>	
1 plato (75 g) de pasta alimenticia, cruda	1 ración de farináceos
1 plato (250 g) de verdura cruda	1 ración de verdura
1 porción individual (100 g) de carne blanca	1 ración de alimentos proteicos
1 unidad comercial (125 g) de yogur entero natural	0,50 raciones de lácteos
1 cucharada (10 ml) de aceite de oliva	1 ración de grasas de adición
<b>2ª SESIÓN DE ENTRENAMIENTO (16:00h a 20:00h)</b>	
500-750 ml de bebida isotónica o agua a intervalos regulares de 125 ml cada 15-20 minutos	
<b>MERIENDA (16:00h a 20:00h)</b>	
1 pieza mediana (150 g) de fruta fresca (troceada)	1 ración de frutas
1 puñado de frutos secos (20-30g)	1 ración de frutos secos
<b>POST-ENTRENAMIENTO (≈20:00h)</b>	
Batido recuperador (4:1 HC i proteínas)	1 ración de farináceos
<b>CENA (≈21:00h)</b>	
1 plato (300 g) de patata pelada cruda	1 ración de farináceos
1 plato (250 g) de verdura cocida	1 ración de verduras
1 porción individual (125 g) de pescado blanco	1 ración de alimentos proteicos
1 cucharada (10 ml) de aceite de oliva	1 ración de grasas de adición
1 pieza mediana (150 g) de fruta fresca	1 ración de frutas
<b>RECENA (≈22:00h - 22:30h)</b>	
1 vaso grande (200 ml) de leche semidesnatada	1 ración de lácteos

\* Aporte calórico: ≈ 4000 kcal; HC: ≈ 6,5 g/kg/día; Proteínas: ≈ 1,5 g/kg/día; Lípidos: ≈ 30,0%.

## 9.5 Anexo 5. Dieta día competición (natación sincronizada)

ESTRATEGIA NUTRICIONAL E HÍDRICA DURANTE EL DÍA DE COMPETICIÓN EN NATACIÓN SINCRONIZADA			
	TIMING	ESTRATEGIA NUTRICIONAL	ESTRATEGIA HÍDRICA
ANTES	<b>Desayuno</b> <i>Ligero, en el caso de que entre el desayuno y la competición haya menos de 1,5 horas.</i> <hr/> <i>Completo, en el caso de que entre el desayuno y la competición haya un mínimo de 2 horas.</i>	[1 barrita muesli + 1 pieza de fruta] o [1 barrita de cereales + 1 yogurt] o [2 tostadas + 2-3 lonzas de queso]	Ingesta aproximada de 500 ml de líquido (agua, zumos, bebida isotónica...), 2 horas antes del ejercicio a intervalos regulares de 125 ml.
	<b>Comida</b> <i>Compuesta de un plato único ligero + 1 postre</i>	[1 láctico + 70 g de cereales + 1 pieza de fruta]	
	<b>Merienda</b>	[1 ración de pasta con 1 ración de pollo] [1 yogurt] i/o [1 pieza de fruta]	
DURANTE	<b>Entrenamiento previo antes de competir...</b> <i>(suele durar 4 horas)</i>	A 2ª hora: [½ plátano y 2 galletas] A 3ª hora: [1 gel] o [1 barrita energética] A 4ª hora: [½ plátano y 2 galletas]	Para 1 rutina de una duración aproximada de 2 horas: 500 ml de bebida isotónica o agua a intervalos regulares de 125 ml cada 15-20 minutos. Para 2 rutinas seguidas o bien el entrenamiento previo de una duración aproximada de 4 horas: 750 a 1000 ml de bebida isotónica o agua a intervalos regulares de 125 ml cada 15-20 minutos
	<b>Competición de Solo, Dúo, Equipo...</b> <i>(suele durar 2 horas por rutina)</i> <b>1º Supuesto: salir de las primeras.</b> <i>Entonces, justo después de la rutina...</i> <b>2º Supuesto: salir de las últimas.</b> <i>Entonces, 30 min antes de la rutina...</i>	[1 barrita energética] o [1 gel energético] o [1 plátano] o [20 g de fruta seca]	
	<b>Competición de Figuras...</b> <i>(suele durar 4 horas)</i>	20 - 30 g de frutos secos 2 piezas de fruta trozadas	
DESPUÉS	<b>Inmediatamente después de la competición...</b> <i>( &lt; 30 minutos)</i>	[1 batido recuperador] o [1 batido de cacao] o [1 papilla de cereales] o [1 Yogurt + 1 cucharada sopera de miel o mermelada + 1 pieza de fruta] o [sandwich de queso fresco con mermelada]	Ingesta aproximada de 500 ml de líquido (agua, zumos, bebida isotónica...) inmediatamente después de la competición a intervalos regulares de 125 ml. Seguir bebiendo en las posteriores ingestas.
	<b>Después de la competición...</b> <i>(= 1 - 2 horas)</i>	1r plato de verdura hervida con patatas 2º plato con [1 huevo] o [pescado blanco] o [carne] + ensalada 1 yogurt	



**Marta Carrasco Marginet**

Tecnocampus Mataró-Maresme. Escuela Superior de Ciencias de la Salud.

Avda. Ernest Lluch, 32 (Puerta Laietana)

08302 Mataró (Barcelona)

[mcarrasco@tecnocampus.cat](mailto:mcarrasco@tecnocampus.cat)

+34 600 557 482

