

## DEPORTES CON COMPONENTE ESTÉTICO: INFLUENCIA DE UNA DIETA INADECUADA SOBRE EL SISTEMA INMUNITARIO

### SPORTS WITH AESTHETIC COMPONENT: INFLUENCE OF AN INADEQUATE DIET ON THE IMMUNE SYSTEM

ANA MONTERO<sup>1</sup>, ASCENSIÓN MARCOS<sup>2</sup>

1Dpto. Nutrición, Bromatología y Tecnología de Alimentos. Facultad de Farmacia. Universidad CEU-San Pablo. Madrid. España  
2 Grupo Inmunonutrición. Dpto. Metabolismo y Nutrición. Instituto del Frío. Instituto de Ciencias y Tecnología de los Alimentos y Nutrición (ICTAN). Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid. España.

Correspondencia:

Dra. Ascensión Marcos

Departamento de Metabolismo y Nutrición

Instituto del Frío (CSIC)

José Antonio Novais, 10. Ciudad Universitaria.

Madrid 28040 (España)

Teléfono: 91 549 00 38

Fax: 91 394 50 79

e-mail: [amarcos@if.csic.es](mailto:amarcos@if.csic.es)

---

#### RESUMEN

La dieta de ciertos grupos de deportistas, es restrictiva e inadecuada como consecuencia de la obsesión por mantener un bajo peso corporal con el fin de obtener un óptimo rendimiento deportivo. Así, en determinados colectivos de deportistas, en especial de mujeres deportistas, donde se enfatiza en exceso la delgadez, (gimnasia, carreras de fondo, salto de trampolín, natación sincronizada, patinaje artístico, danza clásica), la ingesta energética no alcanza las recomendaciones, produciéndose en la mayoría de los casos déficits nutricionales. Como consecuencia de ello se produce fatiga, deshidratación (desequilibrio de electrolitos), bajo peso, amenorrea (en la mujer), retraso del crecimiento, disminución de la densidad ósea, sistema inmunitario comprometido e incluso trastornos del comportamiento alimentario. A esta situación, muchos autores la denominan triada del deportista y este término se refiere a tres factores que se encuentran íntimamente relacionados: desorden alimentario, amenorrea y osteoporosis, que suele estar ligado a graves alteraciones psicológicas.

Como consecuencia de estas alteraciones, el sistema inmunitario de estas deportistas se encuentra afectado, produciéndose un aumento de la susceptibilidad a sufrir infecciones. De ahí la importancia de concienciar a los profesionales que trabajan en estas disciplinas deportivas de la importancia de una adecuada nutrición que consiga no sólo una mejora del rendimiento, sino que evite posibles complicaciones médicas en estos grupos de deportistas.

Existe una carencia en el conocimiento sobre cómo el sistema inmune de los atletas puede afectarse en condiciones basales. Por ello, esta revisión trata del estudio de la inmunocompetencia como índice de estado nutricional.

**Palabras clave:** deportistas, sistema inmunitario, infección, dietas restrictivas, desordenes alimentarios.

---

#### SUMMARY

*Many athletes' diet is inadequate due to overly restrictive habits and an obsession with losing weight in order to keep a low body weight, which is required to achieve the best sport performance. Many female athletes, particularly those*

*who participate in sports that emphasize leanness (gymnastics, distance running, diving, synchronized swimming, figure skating, and classical ballet), show suboptimal energy and nutrient intakes and are at risk of compromised nutritional status, including fatigue, dehydration (electrolyte imbalance), nutrient inadequacies, delayed growth and an impaired immunocompetence. It is very well known that active women and girls who are driven to excel in sports may develop the so-called Female Athlete Triad, in which malnutrition, amenorrhea and osteoporosis appear as typical signs of medical complications, frequently linked to serious psychological alterations. This outcome is mainly related to that found in eating disorders - syndromes in which athletes have been defined to be at an increased risk. As a consequence of all these alterations, the immune system may be affected in athletes, and subsequently they might be more prone to suffer from infections. As there is a lack of knowledge about how the immune system may be affected in basal conditions of athletes, the study of immunocompetence as an index of the nutritional status is reviewed. In short, it is necessary to encourage all the professionals surrounding athletes to be aware of the importance of taking care of their nutritional status in order not only to improve performance and thus to achieve sport goals, but also to avoid physical and psychological complications.*

**Key words:** *sportswomen, immune system, infection, restrictive diets, eating disorders.*

## ESTADO NUTRICIONAL EN DEPORTISTAS. DESÓRDENES ALIMENTARIOS

Los deportistas tienen unas necesidades nutricionales especiales que varían en función de la edad, sexo, composición corporal y dependen del tipo, intensidad, frecuencia y duración de la actividad física. Una adecuada ingesta nutricional es un factor determinante para el rendimiento deportivo y para la capacidad de competir tanto física como psicológicamente. La mejor dieta para deportistas es aquella que mantiene hábitos alimentarios equilibrados y saludables. Es particularmente importante que los deportistas en edad temprana (pre-púberes y adolescentes) consuman una adecuada proporción de energía y nutrientes para satisfacer sus necesidades de crecimiento, actividad y mantenimiento de tejidos.<sup>1,2</sup>

Por el contrario, una inadecuada ingesta de energía va acompañada de una deficitaria ingesta de nutrientes que va a repercutir de forma negativa en la salud del deportista.<sup>3,4</sup>

Sin embargo, en determinadas especialidades deportivas, sobre todo en aquellas donde la mujer tiene una actividad relevante y se enfatiza en exceso la delgadez, es decir, en las que presentan un componente estético (gimnasia, salto de trampolín, natación sincronizada, patinaje artístico, carreras de fondo, equitación, danza, etc.), la ingesta energética no alcanza las recomendaciones, produciéndose en la mayoría de los casos déficits nutricionales.<sup>2,5,6</sup>

Este proceso se suele complicar porque en muchas ocasiones la deseada pérdida de peso se lleva a cabo en un periodo de tiempo muy corto y con métodos inapropiados (ayuno, restricción dietética, abuso de laxantes y diuréticos).<sup>2,7</sup> Como consecuencia de ello se produce fatiga, anemia, deshidratación (desequilibrio de electrolitos), bajo peso, amenorrea (en la mujer),

retraso del crecimiento, disminución de la densidad ósea, inmunocompetencia comprometida e incluso, la aparición de trastornos del comportamiento alimentario.<sup>8</sup>

De hecho, la incidencia de trastornos alimentarios es superior en grupos de población que están sometidos a una influencia sociocultural más intensa, lo que ocurre en todas aquellas personas que llevan a cabo actividades relacionadas con el cuerpo y que pueden requerir una imagen esbelta y de delgadez<sup>9</sup>, como es el caso también de las modelos.

A esta situación muchos autores la denominan triada del deportista y este término se refiere a tres factores que se encuentran íntimamente relacionados: desorden alimentario, amenorrea y osteoporosis. La mujer deportista, en un intento por mejorar su rendimiento, se siente bajo presión al intentar conseguir un peso corporal bajo y es entonces cuando puede desarrollar un patrón de trastorno alimentario. Dicho patrón conduce a disfunciones menstruales y como consecuencia de ello, a una osteoporosis.<sup>8,10,11</sup>

El hecho de que un deportista desarrolle un trastorno del comportamiento alimentario depende de una serie de factores diversos, como la naturaleza de la disciplina deportiva, los reglamentos deportivos, la frecuencia de los entrenamientos, la restricción alimentaria, lesiones, sobreentrenamiento o incluso la actitud del entrenador con el deportista.<sup>12</sup> Además, en ocasiones, el entorno deportivo puede ser un factor precipitante o de mantenimiento del desorden alimentario e incluso puede llegar a enmascarar dicho trastorno, debido a que las demandas específicas de composición corporal de este tipo de deportes pueden llegar a justificar la delgadez y los hábitos alimentarios inadecuados de los individuos que las practican.<sup>6,13</sup>

Por lo tanto, estos deportistas, que en su mayor parte son chicas muy jóvenes, encontrándose muchas en la adolescencia o inclusive prepúberes, suelen presentar un retraso en su desarrollo ponderal, estatural y neurohormonal. Las bajas ingestas de energía y nutrientes junto a un régimen de entrenamiento intenso pueden producir serios desequilibrios en la salud de estas deportistas, a nivel óseo, problemas reproductivos, alteraciones de la función inmunitaria y como consecuencia de ello una mayor morbilidad.<sup>14</sup>

No hay que olvidar que la nutrición tiene un papel crucial sobre las rutas metabólicas y las funciones celulares del sistema inmunitario, de forma que el déficit selectivo de algunos nutrientes puede afectar la inmunocompetencia.<sup>15-17</sup> Una situación de malnutrición puede disminuir las defensas del huésped frente a la invasión de patógenos externos e incrementar la susceptibilidad a padecer infecciones.<sup>18,19</sup>

## INFLUENCIA DE LA INTENSIDAD DEL EJERCICIO FÍSICO SOBRE LOS PARÁMETROS INMUNOLÓGICOS

De acuerdo con numerosos estudios parece ser que tanto el ejercicio moderado como el regular, pueden estimular algunos aspectos de la respuesta inmune, mientras que el ejercicio intenso puede conducir a un estado de inmunosupresión y por tanto, provocar una mayor susceptibilidad a padecer infecciones.<sup>20-24</sup>

Numerosos autores muestran que después de realizar un ejercicio intenso y prolongado, se produce una situación de inmunosupresión denominada "ventana abierta"<sup>22,25-27</sup>, caracterizada por una disminución de la actividad de las células natural killer (NK), de las funciones de neutrófilos, de las células T y B y de la concentración de IgA salivar,<sup>22,27,28</sup> que puede prolongarse aproximadamente de 3-24 horas después de finalizar el ejercicio físico.<sup>29</sup> Durante este periodo, la capacidad de defensa del organismo está alterada, facilitándose la entrada de virus y bacterias e incrementándose el riesgo de sufrir infecciones de tipo clínico o subclínico, entre las que se producen con mayor frecuencia las infecciones del tracto respiratorio superior (URTI).<sup>30</sup> Parece que las alteraciones del sistema inmunitario son más frecuentes cuando el ejercicio físico es prolongado y de alta intensidad.<sup>29</sup>

De hecho, se ha establecido que la relación entre ejercicio físico y riesgo de sufrir infecciones del tracto respiratorio superior sigue un modelo de curva en forma de "J".<sup>27,30</sup> Este modelo sugiere que el riesgo de padecer infecciones disminuye en el momento que una persona sedentaria empieza a realizar ejercicio moderado. Sin embargo, la susceptibilidad a sufrir infecciones aumenta durante periodos de ejercicio intenso.<sup>30</sup> Además, está establecido que la capacidad de rendi-

miento del deportista está disminuida durante un episodio infeccioso.<sup>25</sup>

Además, en el caso de los deportistas de elite que se encuentran sometidos a un régimen de entrenamiento intenso en una situación previa a la competición, se deben tener en cuenta varias consideraciones para evitar el riesgo de infección, la combinación de una nutrición inadecuada asociada a una situación de estrés psicológico ejerce una influencia negativa en la inmunocompetencia del deportista, por lo que se ha determinado que es esencial cuidar la nutrición del deportista para contribuir a reducir este riesgo.<sup>14,23</sup>

Es importante señalar que el ejercicio es una forma de estrés fisiológico, que depende de la intensidad y la duración del mismo.<sup>31</sup> Un ejercicio intenso, continuado y repetido supone un estrés capaz de deprimir la inmunidad.<sup>32,33</sup> Fundamentalmente, el ejercicio produce una elevación de los niveles plasmáticos de catecolaminas y corticosteroides, sustancias que actúan con capacidad inmunoreguladora. El deportista sometido a una sobrecarga de entrenamiento comienza a padecer una pérdida de rendimiento que es temporal y puede revertir con una recuperación o adaptación del propio deportista. Sin embargo, si el volumen e intensidad del ejercicio persiste y no se acompaña de periodos de descanso, se convierte en estímulo estresante que desemboca en lo que se puede denominar síndrome de sobreentrenamiento, caracterizado por un balance energético negativo, estrés físico y psíquico, disfunción hormonal, deficiencias nutricionales e inmunosupresión.<sup>34,35</sup>

Existen numerosas hipótesis que pueden explicar cómo un ejercicio intenso y continuado produce efectos negativos en la salud del deportista. Varios investigadores apuntan el importante papel que tiene el hipotálamo, a través del eje hipotálamo-pituitario-adrenal, así como de la participación del eje hipotálamo-pituitario-gonadal produciendo alteraciones en los niveles sanguíneos de catecolaminas, glucocorticoides y hormonas sexuales. Si el ejercicio físico se convierte en una actividad estresante, se produce la liberación desde el hipotálamo del factor liberador de corticotropina, como consecuencia se libera la ACTH (hormona adenocorticotropa), que a su vez estimula la secreción de glucocorticoides desde la corteza adrenal, lo que favorece la aparición de alteraciones a nivel cardiovascular y metabólico, así como de mecanismos inflamatorios, produciendo como se ha comentado, la liberación de catecolaminas, epinefrina (desde la médula adrenal) y norepinefrina (desde los terminales nerviosos simpáticos postganglionares).<sup>31,31,36</sup> El incremento en el número de leucocitos en sangre periférica, como consecuencia de la realización de un esfuerzo físico, es un hecho ampliamente reflejado en la literatura<sup>37,38</sup> y definido por algunos autores como la

leucocitosis del ejercicio<sup>39</sup>, lo que depende de una serie de factores en relación con las características del ejercicio.

Inmediatamente después de realizar un esfuerzo físico moderado (40-60%  $\text{VO}_2\text{max}$ ), los leucocitos totales aumentan en un 50% con una mayor contribución de los linfocitos y neutrófilos y en menor medida, de los monocitos.<sup>40,41</sup> Cuando se produce un aumento en la intensidad del ejercicio (60-100%  $\text{VO}_2\text{max}$ ) los leucocitos están aún más aumentados; sin embargo, la realización de un esfuerzo intenso y prolongado en el tiempo mantiene la neutrofilia<sup>42</sup>, pero produce una disminución en el número de linfocitos por debajo de los niveles basales<sup>43</sup>, mecanismo que es inducido fundamentalmente por el aumento de los niveles plasmáticos de catecolaminas, hormona del crecimiento y cortisol.<sup>20,44</sup>

Como es bien conocido, la epinefrina es un agonista  $\beta_2$  adrenérgico. El hecho de que el ejercicio produzca un aumento transitorio de los linfocitos circulantes parece ser debido a la acción de las catecolaminas, ya que los linfocitos admiten una gran cantidad de receptores  $\beta_2$  adrenérgicos en sus membranas.<sup>45</sup> Sin embargo, mientras que la epinefrina vuelve a valores basales inmediatamente después de practicar ejercicio, el cortisol mantiene sus niveles elevados durante al menos dos horas después de haber practicado ejercicio físico intenso. Además, cuando el ejercicio físico es suficientemente prolongado, incluso a una intensidad moderada se produce un incremento de los niveles de cortisol, ya que éste es liberado para aumentar el proceso de gluconeogénesis y así mantener constantes los niveles de glucosa en sangre.<sup>46</sup> La epinefrina ocasiona pues un aumento transitorio del número de linfocitos circulantes durante el ejercicio, mientras que el cortisol, debido a su efecto inmunosupresor produce linfocitopenia y neutrofilia de forma marcada y prolongada en el periodo posterior a la realización del esfuerzo físico.<sup>47,48</sup>

En realidad parece que la secreción de catecolaminas incrementa los niveles intracelulares de AMPc en linfocitos, reduciendo la expresión de moléculas de adhesión, y aumentando la proporción de leucocitos circulantes. A su vez, la secreción de corticosteroides promueve la migración de leucocitos al tejido muscular dañado como consecuencia del ejercicio, contribuyendo también a la disminución de los leucocitos circulantes. Sin embargo, no debe olvidarse que el cortisol favorece la migración de neutrófilos desde la médula ósea hasta el torrente circulatorio.<sup>49</sup>

Respecto de las distintas subpoblaciones linfocitarias, en la literatura se han encontrado resultados contradictorios sobre la influencia que tiene el ejercicio físico tanto intenso como moderado. Por ello, hay que tener en cuenta el tipo, intensidad y la duración de la actividad física, factores que influirán de distinta forma sobre el sistema inmune.<sup>31,41</sup>

El ejercicio físico afecta tanto a la función celular como humoral del sistema inmune. Numerosos autores han mostrado que durante el ejercicio físico se produce un aumento en el número de linfocitos, tanto de las células T como de las B<sup>39,50</sup>, así como una disminución del cociente T *helper*/T supresor (CD4/CD8)<sup>51</sup>. A los mismos resultados han llegado Elakim y col.<sup>41</sup> en un estudio realizado en un grupo de gimnastas y Shek y col.<sup>46</sup> evaluando el efecto de la realización de 120 minutos de ejercicio aeróbico (65%  $\text{VO}_2\text{max}$ ). Estos autores encuentran un aumento de la subpoblación CD4 (células T cooperadoras), aunque de menor entidad que el hallado para las células CD8 (células T citotóxicas/supresoras), produciéndose en cualquier caso una disminución del cociente CD4/CD8 después de practicar ejercicio, y alcanzando valores normales una vez finalizado el mismo. Espersen y col.<sup>50</sup> también observan una elevación generalizada de todas las subpoblaciones linfocitarias en un grupo de nadadoras de elite tras la realización de ejercicio físico volviendo a valores basales 24 horas después de la finalización del mismo.

La mayoría de los autores coinciden en que las subpoblaciones linfocitarias más fuertemente afectadas por el ejercicio son las células NK y las células T citotóxicas/supresoras (CD8), lo que implica una reducción en el cociente CD4/CD8.<sup>52-54</sup>

En estudios previos, nuestro grupo ha puesto de manifiesto que bajo condiciones basales de entrenamiento un grupo de gimnastas que ingería dietas hipocalóricas, presentaba valores de leucocitos, linfocitos y de las subpoblaciones linfocitarias (CD2, CD3, CD4 y CD8), significativamente más bajos que los encontrados en el correspondiente grupo control, sugiriéndose un posible estado de malnutrición en estas deportistas de elite.<sup>14,55</sup>

La causa de este resultado podría ser una modificación en los niveles de epinefrina (potente agonista  $\beta_2$  adrenérgico)<sup>56</sup>, afectándose las subpoblaciones linfocitarias en mayor o menor grado en función de la densidad de receptores  $\beta_2$  adrenérgicos. Las células NK son las de mayor densidad en receptores<sup>57</sup> y en consecuencia son las más afectadas, seguidas de las células T citotóxicas o supresoras, T *helper* y células B.<sup>58</sup>

Por tanto, y dado que las células T *helper* inductoras tienen pocos receptores  $\beta_2$ -adrenérgicos<sup>53</sup>, los altos niveles de epinefrina ocasionan una tendencia de las células CD4 a disminuir.<sup>54,59</sup>

Aunque nuestro grupo de investigación detectó valores normales de NK en gimnastas de elite bajo condiciones basales<sup>59</sup>, hay evidencia científica de que el ejercicio intenso prolongado produce un incremento del número y actividad de las células NK. Sin embargo, a los 30 minutos de finalizar el mismo, se observa una marcada disminución en el número y en la actividad

de las células NK, (60% y 40%, respectivamente) que persiste incluso 7 días después de finalizar el ejercicio.<sup>40</sup>

Al parecer, durante el ejercicio agudo, las células NK son rápidamente conducidas a la circulación desde el bazo, pulmones y otros tejidos reservorios con el resultado de un aumento de las células NK en la circulación.<sup>32,45,60</sup> Sin embargo, los cambios que se producen en las células NK varían en función de la intensidad y duración del ejercicio, siendo los cambios más acusados en los ejercicios de duración prolongada que en aquellos de corta duración.<sup>29,38</sup>

Por otra parte, daría la impresión de que los valores referentes a la subpoblación CD19 no parecen verse afectados tras la realización de ejercicio físico.<sup>40</sup> Las células B no parecen cambiar sustancialmente en número ni en funcionalidad.<sup>41,60</sup>

La mayoría de los autores tampoco han observado cambios en el nivel de inmunoglobulinas séricas (IgA, IgM e IgG) durante el ejercicio moderado.<sup>41,61</sup>

En cambio, sí parece estar suficientemente demostrada una cierta disminución de los niveles de IgA salival en deportistas tras periodos de entrenamiento intenso.<sup>22,43</sup> Además de la intensidad del ejercicio físico, otro factor que puede contribuir con el estrés producido por el ejercicio es la reducción de los niveles sanguíneos del aminoácido glutamina. En efecto, parece ser que una reducción en los niveles de glutamina también es responsable del daño que se produce en el sistema inmune y de la mayor incidencia de infecciones que aparecen durante los periodos de sobrecarga de ejercicio, debido a que la glutamina juega un papel esencial en la proliferación de linfocitos y en la funcionalidad de macrófagos.<sup>62</sup>

Otros autores señalan que los efectos negativos del estrés producido por el ejercicio intenso son debidos a una reducción en los niveles circulantes del aminoácido triptófano. Cuando los niveles sanguíneos de este aminoácido son bajos, parece producirse una mayor captación de este aminoácido por parte del cerebro. El triptófano es el precursor de la síntesis de neurotransmisores en el cerebro, como es el caso de la serotonina. Si se produce un aumento de la serotonina a nivel cerebral, se producen cambios en el comportamiento, como pueden ser alteraciones del sueño y una reducción del apetito; alteraciones que se observan frecuentemente en individuos que practican ejercicio físico muy intenso.<sup>34,63</sup>

En principio, se produce una disminución en los niveles circulantes de triptófano, y a continuación una mayor captación del mismo por parte del sistema nervioso central, además se produce una disminución de los niveles circulantes de aminoácidos de cadena ramificada (leucina, isoleucina y valina), que habitualmente compiten con el triptófano por el mismo transporta-

dor al atravesar las barreras del cerebro. En ciertas áreas específicas del cerebro, la serotonina induce el sueño, disminuye la excitabilidad neuronal y el apetito, y es capaz de alterar ciertas funciones endocrinas.<sup>34,63</sup> Además, en algunas ocasiones, aunque se incrementa el volumen y la intensidad de entrenamiento, el deportista es incapaz de aumentar o de mantener una suficiente ingesta de energía, en particular de carbohidratos, produciéndose una disminución de los depósitos de glucógeno muscular que conduce a su vez a un estado de fatiga y pérdida de rendimiento. El hecho de que disminuya el glucógeno muscular da lugar a un aumento de la captación y oxidación de aminoácidos de cadena ramificada por parte del músculo lo cual, por su parte, reduce la disponibilidad de estos aminoácidos para la síntesis de neurotransmisores, produciéndose también una elevación de los niveles de algunas hormonas (catecolaminas, hormona del crecimiento, hormona adrenocorticotropa y cortisol) y de citoquinas, ocasionando alteraciones en el sistema inmunitario y en el sistema nervioso, como fatiga, que es muy común en deportistas con sobrecarga de entrenamiento.<sup>30</sup> Se ha puesto de manifiesto que el consumo de carbohidratos durante la práctica de ejercicio físico atenúa estos efectos.<sup>30,64</sup>

Se especula sobre la posibilidad de que el individuo que realiza ejercicio físico intenso se podría encontrar especialmente desprotegido durante el periodo de tiempo en que el sistema inmune está necesariamente dedicado a otras tareas, como es la reparación tisular.<sup>65</sup> En este sentido, el ejercicio intenso, especialmente cuando es prolongado, está asociado con daño muscular, inflamación local y reacciones de defensa conocidas como respuesta de fase aguda.<sup>66</sup> Dicha respuesta, que implica la actuación del sistema del complemento, neutrófilos, macrófagos y determinadas citoquinas, puede durar unos cuantos días, mientras se procede a la eliminación del tejido dañado y a ultimar las tareas de reparación.<sup>31</sup>

El daño muscular inducido por el ejercicio da lugar a una serie de alteraciones inmunitarias. El sistema inmune va a responder induciendo una liberación secuencial de citoquinas pro-inflamatorias (TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , e IL-6), y a continuación se produce un incremento del cortisol, IL-10 y del antagonista del receptor de IL-1 que demuestra que la función anti-inflamatoria del sistema inmune está trabajando.<sup>67,72</sup>

Sin embargo, al observar la producción in vitro de citoquinas a través de la estimulación con mitógenos, los estudios relacionados son muy contradictorios. Este hecho podría deberse a numerosas variables entre las que se encuentran la duración e intensidad del ejercicio, el número de sujetos incluidos en el estudio, los diferentes niveles de entrenamiento, el tipo de mitógeno, y las diferencias en la concentración del mismo,

así como diferencias en los tiempos de incubación empleados en la estimulación.

Según los estudios realizados en nuestro grupo de investigación, las gimnastas de elite bajo condiciones basales muestran alterado el patrón de producción de citoquinas, situación que refleja un particular estado de inmunocompetencia que parece estar afectado por el nivel de entrenamiento intenso al que están sometidas, por los cambios hormonales, el estrés de la competición y la baja ingesta de energía.<sup>73</sup> Estas gimnastas presentan una elevada producción de las citoquinas IL-1 $\beta$  e IFN- $\gamma$ , así como una producción reducida de la citoquina IL-2 tras la estimulación *in vitro* de las células mononucleares de sangre periférica en comparación con el grupo control. Sin embargo, no parecen encontrarse diferencias en las citoquinas IL-6 y TNF- $\alpha$  al comparar los dos grupos. Estas diferencias entre gimnastas y controles respecto de la producción de citoquinas IL-1 $\beta$ , IFN- $\gamma$  e IL-2, muestran que las células inmunocompetentes obtenidas de estas deportistas en una situación previa a la realización de ejercicio tras el período de descanso nocturno responden de forma diferente a la estimulación del mitógeno que las células inmunocompetentes de sujetos controles sanos. Es posible que el sistema inmunitario de estas gimnastas se

encuentre en un periodo de adaptación al régimen de entrenamiento intenso y a la dieta restrictiva (<1300 kcal/día) a la que están sometidas.<sup>73</sup>

Se puede concluir pues que determinados colectivos de deportistas y en particular jóvenes adolescentes del género femenino (especialidades deportivas con componente estético), se encuentran sometidas a un estrés fisiológico y psicológico, conduciéndolas esto último a unos hábitos alimentarios inadecuados y a unas bajas ingestas de energía y nutrientes características de estas modalidades deportivas. Esto puede ocasionar un desequilibrio de la función neuroendocrina (catecolaminas, cortisol, hormona del crecimiento, etc.) y un aumento de la incidencia de infecciones, a causa del perjuicio que ocasiona esta sobrecarga de ejercicio y este déficit nutricional sobre el sistema inmune. Esta situación podría desembocar no solo en un estado de malnutrición sino incluso también en trastornos del comportamiento alimentario. Por ello, sería necesario concienciar a los profesionales que trabajan en estas disciplinas deportivas de la importancia que tiene una adecuada nutrición, para así poder evitar complicaciones médicas (algunas de ellas de origen psicológico) y mejorar además el rendimiento deportivo.

## REFERENCIAS

- 1- American Dietetic Association: Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: nutrition and athletic performance. *J Am Diet Assoc* 2000; 100:1543-56.
- 2- Loucks AB. Energy balance and body composition in sports and exercise. *J Sports Sci* 2004; 22:1-14.
- 3- Harber VJ. Energy balance and reproductive function in active women. *Can J Appl Physiol* 2004; 29:48-58.
- 4- Loucks AB. Low energy availability in the marathon and other endurance sports. *Sports Med* 2007; 37:348-52.
- 5- Beals KA, Manore MM. The prevalence and consequences of subclinical eating disorders in female athletes. *Int J Sport Nutr* 1994; 4:175-95.
- 6- Byrne S, McLean N. Elite athletes: effects of the pressure to be thin. *J Sci Med Sport* 2002; 5:80-94.
- 7- Forsberg S, Lock J. The relationship between perfectionism, eating disorders and athletes: a review. *Minerva Pediatr* 2006; 58:525-36.
- 8- Nattiv A, Loucks AB, Manore MM y col. American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. The female athlete triad. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39:1867-82.
- 9- Bardone-Cone AM, Wonderlich SA, Frost RO, Bulik CM, Mitchell JE, Uppala S, Simonich H. Perfectionism and eating disorders: current status and future directions. *Clin Psychol Rev* 2007; 27:384-405.
- 10- Sundgot-Borgen J, Torstveit MK. The female football player, disordered eating, menstrual function and bone health. *Br J Sports Med* 2007; 41:68-72.
- 11- Márquez S. Eating disorders in sports: risk factors, health consequences, treatment and prevention. *Nutr Hosp* 2008; 23:183-90.
- 12- Toro J, Galilea B, Martínez-Mallén E y col. Eating disorders in Spanish female athletes. *Int J Sports Med* 2005; 26:693-700.
- 13- Bachner-Melman R, Zohar AH, Ebstein RP, Elizur Y, Constantini N. How anorexic-like are the symptom and personality profiles of aesthetic athletes? *Med Sci Sports Exerc* 2006; 38:628-36.
- 14- Montero A, López-Varela S, Nova E, Marcos A. The implication of the binomial nutrition-immunity on sportswo-

- men's health. *Eur J Clin Nutr* 2002; 56:538-41.
- 15- Gleeson M, Bishop NC. Elite athlete immunology: importance of nutrition. *Int J Sports Med* 2000; 21:544-50.
- 16- Chandra RK. Nutrition and the immune system from birth to old age. *Eur J Clin Nutr* 2002; 56:573-6.
- 17- Venkatraman JT, Pendergast DR. Effect of dietary intake on immune function in athletes. *Sports Med*. 2002; 32:323-37.
- 18- Scrimshaw NS. Prologue: Historical Introduction. Immunonutrition in health and disease. *Brit J Nutr* 2007; 98:53-4.
- 19- Calder PC, Kew S. Immunonutrition in surgical and critically ill patients *Brit J Nutr* 2007; 98:5133-39.
- 20- Nieman, DC. Exercise immunology: practical applications. *Int J Sports Med* 1997; 18:591-5100.
- 21- Nieman, DC. Exercise and resistance to infection. *Can J Physiol Pharmacol* 1998; 76:573-580.
- 22- Pedersen, BK, Bruunsgaard H, Jensen M, Toft AD, Hansen H, Ostrowski K. Exercise and the immune system-influence of nutrition and ageing. *J Sci Med Sport* 1999; 2:234-352.
- 23- Brolinson PG, Elliott D. Exercise and the immune system. *Clin Sports Med*. 2007; 26:311-9.
- 24- Gleeson M. Immune function in sport and exercise. *J Appl Physiol* 2007; 103:693-9.
- 25- Nieman DC, Pedersen BK. Exercise and immune function. Recent developments. *Sports Med* 1999; 27:73-80.
- 26- Akerström TC, Pedersen BK. Strategies to enhance immune function for marathon runners: what can be done? *Sports Med* 2007; 37:416-9.
- 27- Nieman DC. Marathon training and immune function. *Sports Med* 2007; 37:412-5.
- 28- Nieman DC, Bishop NC. Nutritional strategies to counter stress to the immune system in athletes, with special reference to football. *J Sports Sci* 2006; 24:763-72.
- 29- Gleeson M. Can nutrition limit exercise-induced immunodepression?. *Nutr Rev* 2006; 64:119-31.
- 30- Nieman DC. Immunonutrition support for athletes. *Nutr Rev* 2008; 66:310-20.
- 31- Nehlsen-Cannarella SL. Cellular responses to moderate and heavy exercise. *Can J Physiol Pharmacol* 1998; 76:485-9.
- 32- Hoffman-Goetz L, Pedersen BK. Exercise and the immune system: a model of the stress response? *Immunol Today* 1994; 15:382-7.
- 33- Brenner I, Shek PN, Zamecnik J, Shephard RJ. Stress hormones and the immunological responses to heat and exercise. *Int J Sports Med* 1998; 19:130-43.
- 34- Smith LL. Cytokine hypothesis of overtraining: a physiological adaptation to excessive stress? *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32:317-31.
- 35- Shephard RJ. Chronic fatigue syndrome. A brief review of functional disturbances and potential therapy. *J Sports Med Phys Fitness* 2005; 45:381-92.
- 36- Davison G, Gleeson M, Phillips S. Antioxidant supplementation and immunoendocrine responses to prolonged exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39:645-52.
- 37- Nieman DC, Nehlsen-Cannarella SL, Konohue K, Critton DBW, Haddock BL, Stout RW, Lee JW. The effects of acute moderate exercise on leukocyte and lymphocyte subpopulations. *Med Sci Sports Exerc* 1991; 23:578-85.
- 38- Woods JA, Davis JM, Smith JA, Nieman DC. Exercise and cellular innate immune function. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31:57-66.
- 39- McCarthy DA, Dale MM. The leucocytosis of exercise. *Sports Med* 1988; 6:333-63.
- 40- 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.
- 41- Eliakim A, Wolach B, Kodesh E, Gavrieli R, Radnay J, Ben-Tovim T, Yarom Y, Falk B. Cellular and humoral immune response to exercise among gymnasts and untrained girls. *Int J Sports Med* 1997; 18:208-12.
- 42- Umeda T, Suzukawa K, Takahashi I, Yamamoto Y, Tanabe M, Kojima A, Katagiri T, Matsuzaka M, Totsuka M, Nakaji S, Sugawara N. Effects of intense exercise on the physiological and mental condition of female university judoists during a training camp. *J Sports Sci* 2008; 26:897-904.
- 43- Pacque PF, Booth CK, Ball MJ, Dwyer DB. The effect of an ultra-endurance running race on mucosal and humoral immune function. *J Sports Med Phys Fitness* 2007; 47:496-501.
- 44- Gabriel H, Kindermann W. The acute immune response to exercise: what does it mean? *Int J Sports Med* 1997; 18:285-455.
- 45- Benschop RJ, Nijkamp FP, Ballieux RE, Heijnen CJ. The effects of beta-adrenoceptor stimulation on adhesion of human natural killer cells to cultured endothelium. *Br J Pharmacol* 1994; 113:1311-6.

- 46- 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; 20:128-35.
- 47- Benschop RJ, Rodriguez-Feuerhahn M, Schedlowski M. Catecholamine-induced leukocytosis: early observations, current research, and future directions. *Brain Behav Immun* 1996; 10:77-91.
- 48- Pedersen BK, Bruunsgaard H, Klokke M, Kappel M, MacLean DA, Nielsen HB, Rohde T, Ullum H, Zacho M. Exercise-induced immunomodulation—possible roles of neuroendocrine and metabolic factors. *Int J Sports Med* 1997; 18:25-75.
- 49- Shephard RJ, Shek PN. Acute and chronic over-exertion: do depressed immune responses provide useful markers? *Int J Sports Med* 1998; 19:159-71.
- 50- Espersen GT, Elbaek A, Schmidt-Olsen S, Ejlersen D, Varming K, Grunnet N. Short-term changes in the immune system of elite swimmers under competition conditions. Different immunomodulation induced by various types of sport. *Scand J Med Sci Sports* 1996; 6:156-63.
- 51- Burke LS, Tan SA. The suppressive effect of stress from exhaustive exercise on T lymphocyte helper/suppressor cell ratio in athletes and non-athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1985; 17:706.
- 52- Pedersen BK, Tvede N, Christensen LD, Klarlund K, Kragbak S, Halkjær-Kristensen J. Natural killer cell activity in peripheral blood of highly trained and untrained persons. *Int J Sports Med* 1989; 10:129-31.
- 53- Van Tits LJ, Michel MC, Grosse-Wilde H. Catecholamines increase lymphocyte beta 2-adrenergic, spleen-dependent process. *Am J Physiol* 1990; 258:191-202.
- 54- Field CJ, Gougeon R, Marliss EB. Circulating mononuclear cell numbers and function during intense exercise and recovery. *J Appl Physiol* 1991; 71:1089-97.
- 55- López-Varela S, Montero A, Chandra RK, Marcos A. Nutritional Status of Young Female Elite Gymnasts. *Int J Vitamin Nutr Res* 2000; 70 :185-190.
- 56- Kappel M, Poulsen TD, Galbo H, Pedersen BK. Effects of elevated plasma noradrenaline concentration on the immune system in humans. *Eur J Appl Physiol* 1998; 79:93-8.
- 57- Kappel M, Tvede N, Galbo H, Haahr PM, Kjaer M, Linstow M, Klarlund K, Pedersen BK. Evidence that the effect of physical exercise on NK cell activity is mediated by epinephrine. *J Appl Physiol* 1991; 70:2530-4.
- 58- Van Tits LJ, Graafsma SJ. Stress influences CD4+ lymphocyte counts. *Immunol Lett* 1991; 30:141-2.
- 59- Tvede N, Kappel M, Klarlund K, Duhn S, Halkjaer-Kristensen J, Kjaer M, Galbo H, Pedersen BK. Evidence that the effect of bicycle exercise on blood mononuclear cell proliferative responses and subsets is mediated by epinephrine. *Int J Sports Med* 1994; 15:100-4.
- 60- Shephard RJ, Shek PN. Effects of exercise and training on natural killer cell counts and cytolytic activity: a meta-analysis. *Sports Med* 1999; 28:177-95.
- 61- Nieman DC, Nehlsen-Cannarella SL. The effects of acute and chronic exercise of immunoglobulins. *Sports Med* 1991; 11:183-201.
- 62- Castell L. Glutamine supplementation in vitro and in vivo, in exercise and in immunodepression. *Sports Med*. 2003; 33:323-45.
- 63- Gabriel HH, Urhausen A, Valet G, Heidebach U, Kindermann W. Overtraining and immune system: a prospective longitudinal study in endurance athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30:1151-7.
- 64- Braun WA, Von Duvillard SP. Influence of carbohydrate delivery on the immune response during exercise and recovery from the exercise. *Nutrition*. 2004; 20:645-50.
- 65- Nieman DC. Exercise infection and immunity. *Int J Sport Med* 1994; 15:1315-415.
- 66- Pedersen BK, Nieman DC. Exercise immunology: integration and regulation. *Immunol Today* 1998; 19:204-6.
- 67- Northoff H, Weinstock C, Berg A. The cytokine response to strenuous exercise. *Int J Sports Med* 1994; 15:1675-715.
- 68- Ullum H, Haahr PM, Diamant M, Palmo J, Halkjaer-Kristensen J, Pedersen BK. Bicycle exercise enhances plasma IL-6 but does not change IL-1 alpha, IL-1 beta, IL-6, or TNF-alpha pre-mRNA in BMNC. *J Appl Physiol* 1994; 77:93-7.
- 69- Bury TB, Louis R, Radermecker MF, Pirnay F. Blood mononuclear cells mobilization and cytokines secretion during prolonged exercises. *Int J Sports Med* 1996; 17:156-60.
- 70- Gannon GA, Rhind SG, Suzui M, Shek PN, Shephard RJ. Circulating levels of peripheral blood leucocytes and cytokines following competitive cycling. *Can J Appl Physiol* 1997; 22:133-47.
- 71- Weinstock C, Konig D, Harnischmacher R, Keul J, Berg A, Northoff H. Effect of exhaustive exercise stress on the cytokine response. *Med Sci Sports Exerc* 1997; 29:345-54.
- 72- Ostrowski K, Rohde T, Asp S, Schjerling P, Pedersen BK. Pro- and anti-inflammatory cytokine balance in strenuous exercise in humans. *J Physiol* 1999; 515:287-91.
- 73- Nova E, Montero A, López-Varela S, Marcos A. Are elite gymnasts really under malnutrition conditions? Evaluation of diet, anthropometry and immunocompetence. *Nutr Res* 2001; 21:15-29.