

EFFECTOS DEL EJERCICIO FÍSICO AGUDO SOBRE LA RESPUESTA PSICOFISIOLÓGICA AL ESTRÉS: PAPEL MODULADOR DE LA CONDICIÓN FÍSICA

L. Moya-Albiol y A. Salvador

PALABRAS CLAVE: Estrés, respuesta cardiovascular, ansiedad, esteroides, condición física.

RESUMEN: La revisión realizada sobre la literatura científica muestra que el ejercicio físico agudo modifica la respuesta psicofisiológica al estrés. Los estudios de laboratorio han empleado diversas variables para estudiar los cambios en estas respuestas. Las variables fisiológicas más estudiadas han sido las cardiovasculares, en las que se produce una respuesta disminuida ante estresores cuando previamente se ha realizado ejercicio. De igual modo, se ha descrito una reducción de la ansiedad tras realizar actividad física de forma puntual. Los cambios en testosterona, en cortisol y en el cociente de ambas hormonas en respuesta al ejercicio físico han sido estudiados y utilizados como indicadores de la adaptación al ejercicio físico y de la respuesta al estrés. La mayor parte de la investigación indica que la condición física modula estas respuestas, obteniéndose en aquellos sujetos con buena forma física resultados positivos sobre la respuesta al estrés y por extensión sobre la salud.

KEY WORDS: Stress, cardiovascular responses, anxiety, steroids, physical fitness.

Correspondencia: Alicia Salvador, Departamento de Psicobiología y Psicología Social Facultat de Psicologia, Apartado 22109, 46071 Valencia, España. Tel. 34-6-3864420. Fax 34-6-3864668. E-mail: Alicia.Salvador@uv.es

Moya-Albiol, L., Salvador, A.

Efectos del ejercicio físico agudo sobre la respuesta ...

ABSTRACT: Acute physical exercise has been proved to change the psychophysiological stress response. Laboratory research has used several variables to study these responses. Among the most studied physiological variables are cardiovascular measures which decrease in response to stressors carried out after physical exercise. Likewise, a decrease in anxiety has been described after acute bouts of physical exercise. Changes in testosterone, in cortisol and in its ratio in response to physical exercise have been used as indexes of physical exercise adaptation as well as stress response markers. The effects on all

these responses are modulated by physical fitness, with better stress responses in subjects in good physical form.

Introducción

Los efectos del ejercicio físico pueden analizarse de forma aguda, tras la realización de actividad física puntual, o crónica, analizando los cambios a través del tiempo. Las investigaciones sobre el ejercicio físico agudo se han centrado en el estudio de sus efectos sobre distintas variables psicológicas y fisiológicas, que pueden ser indicadores de salud. De esta forma, se han utilizado pruebas de esfuerzo para observar sus efectos sobre las respuestas psicofisiológicas a estresores mentales presentados algún tiempo después, pero se han obtenido resultados diferentes en sujetos deportistas y sedentarios. El objetivo de este trabajo es revisar y analizar el papel del ejercicio físico agudo sobre las respuestas psicofisiológicas más estudiadas en la literatura. Para ello, se comenzará estudiando el papel del ejercicio físico agudo sobre las respuestas cardiovasculares al estrés como índices de activación autonómica, sobre la ansiedad como principal variable psicológica estudiada y sobre los niveles hormonales de testosterona, cortisol y su ratio. El análisis incluirá el papel de la condición física como variable moduladora de esas respuestas. Ello permitirá avanzar en el conocimiento del papel amortiguador del ejercicio físico sobre

la respuesta a situaciones estresantes.

Respuestas cardiovasculares

Los protocolos experimentales han empleado dos tipos de estresores: físicos, como la realización de una ergometría, y psicológicos, como tareas atencionales, persiguiéndose dos objetivos principales. Algunos estudios han comparado las respuestas ante el estresor psicológico y ante el físico (Turner y Carroll, 1985; Carroll, Turner y Rogers, 1987; Goldberg et al., 1996), mientras que otros han estudiado las respuestas psicofisiológicas al estrés psicológico tras la realización de ejercicio físico agudo en diferentes poblaciones. Los resultados obtenidos no han sido unánimes, ya que mientras en la mayoría de ocasiones se han encontrado diferencias entre grupos en función de haber o no realizado el ejercicio previamente (Peronnet, Massicotte, Paquet, Brisson y De Champlain, 1989; Steptoe, Kearsley y Walters, 1993), en otro estudio no se han descrito (Roth, Bachtler y Fillingim, 1990). Los estudios que incluyen estresores físicos y psicológicos mantienen un período de recuperación de la ergometría antes de la realización de la tarea de entre 20 y 30 minutos (Roth, 1989; Roy y Steptoe, 1991; Steptoe et al., 1993; Moya-Albiol et al., 2001a).

Los estresores físicos más utilizados para producir esfuerzos físicos puntuales en el laboratorio son las denominadas 'pruebas de esfuerzo', que permiten valorar la capacidad de rendimiento físico de los deportistas mediante la aplicación de protocolos estandarizados. Existen

diferentes pruebas de esfuerzo, que tratan de replicar de la forma más ajustada posible distintos tipos de actividad física. Entre ellas, la más utilizada es la cicloergometría, pero también se emplea frecuentemente la cinta continua y, mucho más ocasionalmente, otras como la remoergometría (Ferris-Santes y García del Moral-Betzen, 1989).

Aunque se ha indicado que la actividad cardiovascular no correlaciona directamente con la actividad del Sistema Nervioso Simpático (SNS) y con el nivel general de activación o arousal (Obrist, 1981; Barry, 1982), se reconoce que el sistema cardiovascular está regulado por el Sistema Nervioso Autónomo (SNA), concretamente por el predominio del SNS o el Parasimpático en un contexto de integración de ambos (Papillo y Shapiro, 1990). La estimulación del SNA conlleva un incremento de las contracciones del corazón, del ritmo cardíaco y de la presión sanguínea, además de una disminución del volumen de pulso periférico (VPP). Las medidas cardiovasculares más empleadas en los estudios psicofisiológicos son la frecuencia cardíaca (FC) y la presión arterial (PA), aunque también se han utilizado el VPP, la potencia cardíaca y la resistencia periférica total (Moya-Albiol y Salvador, 2001).

En este trabajo nos centramos en los resultados obtenidos sobre las medidas cardiovasculares, ya que han sido las más estudiadas en este campo de investigación. Se han empleado otras, como las respiratorias, la actividad electromiográfica, la actividad encefalográfica y la

actividad electrodérmica (AED), describiéndose en general un incremento de sus valores en respuesta a situaciones estresantes. Sin embargo, los patrones de respuesta en estas variables pueden diferir en función de la intensidad del esfuerzo físico, ya que mientras la PA sistólica durante y en la recuperación de una tarea aritmética y otra de hablar en público fue menor tanto en deportistas como en sedentarios que habían realizado una cicloergometría de alta intensidad (70% VO₂ max) en comparación con los que la hicieron de intensidad moderada (50% VO₂ max) o en los que no la hicieron, no se encontraron diferencias en la reactividad cardíaca, en la AED y en los parámetros respiratorios (Steptoe et al., 1993).

Los períodos de ejercicio físico agudo tienen un efecto atenuante sobre las respuestas fisiológicas a un estresor psicológico, siendo la relación dosis-dependiente, ya que el ejercicio intenso (80% VO₂ máx. durante 60 minutos) resultó más efectivo para amortiguar de la reactividad de presión sanguínea al Stroop que el de baja intensidad (50% VO₂ máx. durante 30 minutos) (Rejeski, Gregg, Thompson y Berry, 1991). En otro estudio, la respuesta de la FC y la PA sistólica y diastólica a una tarea aritmética fue menor en hombres normotensos que previamente habían realizado una cicloergometría durante 20 minutos a 100 vatios que en otro grupo que no habían realizado ejercicio, mientras que aquellos sometidos a una cicloergometría de menor intensidad presentaron un patrón intermedio (Roy

y Steptoe, 1991).

La condición física modula los efectos del ejercicio sobre las respuestas psicofisiológicas al estrés mental. Tras una revisión de 34 estudios, Crews y Landers (1987) concluyeron que los sujetos aeróbicamente en forma tenían una respuesta menor a los estresores psicosociales que los controles. La realización de un ejercicio físico agudo es más estresante fisiológicamente (mayor FC y lactato en sangre durante la recuperación) para los sujetos no entrenados que para los que practican ejercicio de forma regular. El efecto amortiguador de este tipo de ejercicio sobre las respuestas psicofisiológicas a un estresor psicológico podría ocurrir sólo en el caso de deportistas que habitualmente entrenan o practican, mientras que en sujetos no acostumbrados podría repercutir desfavorablemente incrementando las respuestas al estrés (Duda, Sedlock, Melby y Thaman, 1988). Los valores de la línea base y las respuestas en FC durante la exposición a estresores psicológicos de laboratorio son menores en deportistas que en sujetos sedentarios, y en éstos también disminuye tras un programa de ejercicio que mejore su condición física (Boutcher, Nugent, McLaren y Weltman, 1998). Algunos estudios han comparado la reactividad cardíaca al estrés entre deportistas y no deportistas, y aunque a veces no se han encontrado diferencias significativas entre ellos (Dorheim et al., 1984; Claytor, Cox, Howley, Lawler y Lawler, 1988), generalmente se ha descrito una reactividad menor en

deportistas (Holmes y McGilley, 1987; Light, Obrist, James y Strogatz, 1987; Turner, Carroll, Costello y Sims, 1988; Van Doornen y De Geus, 1989; Boutcher et al., 1998). En general, los sujetos en buena condición física aeróbica muestran menor respuesta simpática a los estresores físicos y pueden ser menos responsivos ante estresores emocionales (Van Doornen, De Geus y Orlebeke, 1988). Una buena condición física puede ser considerada como un factor de prevención de la enfermedad y de extensión del potencial de vida. Una medida a considerar es la recuperación cardiovascular, ya que puede ser tomada como índice de enfermedades cardiovasculares y de riesgo de hipertensión (Schuler y O'Brien, 1997). Al estudiar la respuesta al estrés psicológico en sujetos con mejor o peor condición física, se ha indicado que los primeros no son menos reactivos pero tienen una recuperación más rápida (Hull, Young y Ziegler, 1984; Sinyor, Golden, Steinert y Seraganian, 1986; Jamieson y Lavoie, 1987; McCubbin, Cheung, Montgomery, Bulbulian y Wilson, 1992). Tras dividir una muestra de judokas adolescentes en función de su VO₂ máx se ha descrito una recuperación más rápida en FC después de una tarea aritmética en aquellos con mayor capacidad aeróbica (Szabó et al., 1994). En otro estudio, deportistas profesionales han mostrado tener mejor recuperación cardíaca ante la tarea Stroop realizada tras una cicloergometría máxima que sujetos no deportistas pero físicamente activos (Moya-Albiol et al., 2001a). Otras medidas

psicofisiológicas como la AED se ven también moduladas por la condición física, describiéndose en deportistas profesionales menores niveles que en sujetos no deportistas pero que realizan actividad física de forma habitual (Moya-Albiol et al., 2001a) y mayor reactividad en los primeros en comparación con sujetos sedentarios (Estrada Ruiz, Menéndez Balaña y Conde Pastor, 2001).

Ansiedad

Las variable psicológica más estudiada en relación a los efectos del ejercicio físico agudo es la ansiedad estado, que disminuye tras la realización de ejercicio físico agudo, aunque esta relación está modulada por diversos factores como el tipo e intensidad del ejercicio y las características individuales del sujeto. El ejercicio físico agudo ha sido relacionado con reducciones en el estado de ansiedad (Felts, 1989) que pueden persistir varias horas, siendo el ejercicio aeróbico de intensidad moderada (alrededor del 60% del VO₂ máx.) el más efectivo (Raglin y Wilson, 1996). Así, se han descrito reducciones de la ansiedad-estado tras una cicloergometría pero no después de un entrenamiento de pesas, siendo ambos esfuerzos de la misma duración (30 minutos) e intensidad (70-80% del VO₂ máx.) (Raglin, Turner y Eksten, 1993). Se han descrito disminuciones en la escala de tensión/ansiedad del POMS después de la realización de una cinta continua a las intensidades del 60 y 80% del VO₂ máx. pero no han habido cambios cuando era al 40% (Farrell, Gustafson, Morgan y Pert, 1987). Sin

embargo, en la escala de tensión/ansiedad también han sido observados descensos tras la realización de una cicloergometría de baja intensidad, pero aumentaba cuando era de alta intensidad (Steptoe y Cox, 1988).

El intervalo de tiempo en que se mide la ansiedad es una variable muy importante, ya que aunque en algunos casos se han realizado las mediciones inmediatamente después del cese de la actividad física (Steptoe y Cox, 1988; Berger y Owen, 1992), generalmente las reducciones tienen lugar 15-20 minutos más tarde (Raglin y Morgan, 1987) o incluso después (Raglin et al., 1993; Steptoe et al., 1993). De esta forma, se ha observado una disminución de la ansiedad estado en hombres y mujeres jóvenes medida con el STAI tras 20 minutos después de realizar una cicloergometría a diferentes intensidades (40, 60 y 70% del VO₂ máx.), aunque la disminución se produjo más tarde en el grupo de mayor intensidad, que tuvo incluso incrementos 5 minutos después del ejercicio. Además, ese incremento inicial apareció sólo en sujetos con niveles bajos de ansiedad estado mientras que no cambió en sujetos con altos niveles, por lo que los primeros podrían ser más susceptibles a sentir el efecto aversivo del ejercicio de alta intensidad (Raglin y Wilson, 1996). En otro estudio se han descrito incrementos en ansiedad estado 2 minutos después de un ejercicio máximo, pero únicamente en el subgrupo de sujetos que tenían niveles basales bajos de ansiedad (O'Connor, Petruzzello, Kubitz y Robinson, 1995), lo que resalta el

papel de las diferencias individuales en esta dimensión psicológica. En este sentido, la ansiedad es una variable moduladora de la respuesta psicofisiológica al estrés (Guirado et al., 1995; Carrillo et al., en prensa; González-Bono et al., en prensa). Por otra parte, diversas investigaciones han resaltado los efectos beneficiosos del ejercicio físico sobre la sintomatología psicológica y somática (en la que se incluye la respuesta de ansiedad) característica del ciclo menstrual (Gannon, 1988; Saklofske, Blomme y Kelly, 1992)

Indicadores esteroideos

El ejercicio físico agudo actúa como un estresor, de forma que al realizarlo aumentan las catecolaminas, la hormona del crecimiento, la adrenocorticotropa, la prolactina y el cortisol y descienden las gonadotropinas hipofisarias (Suay, Sanchís y Salvador, 1997). Algunas hormonas han sido muy estudiadas en relación con el ejercicio físico agudo. Concretamente los cambios en testosterona (T), cortisol (C) y en su ratio (T/C) han sido considerados indicadores de la adaptación al esfuerzo físico tanto agudo como crónico. En general, el estrés produce un aumento de las concentraciones de C y una disminución de las de T, favoreciendo por tanto los procesos catabólicos sobre los anabólicos, lo que beneficia el ajuste del organismo a corto plazo pero no a largo plazo (Salvador, 1995).

El ejercicio físico practicado de forma habitual provoca una mayor actividad suprarrenal, que aumenta las reservas de esteroides para responder

a las situaciones que requieren disponibilidad energética inmediata (Sutton, Farrell y Harber, 1990; Viru y Smirnova, 1995), lo que supone una mejora de la capacidad fisiológica de afrontamiento del estrés.

A la hora de estudiar la respuesta hormonal al ejercicio físico agudo es importante conocer sus características específicas, ya que las respuestas pueden ser diferentes en función del protocolo experimental utilizado. Además, el efecto del entrenamiento varía de una persona a otra y las diferencias entre sujetos en los niveles hormonales pueden explicar en parte esas variaciones (Jensen et al., 1991). De este modo, la respuesta hormonal es modulada por características del ejercicio físico como la intensidad, la duración y el tipo, y por factores propios del individuo como la condición física, el grado de entrenamiento, la dieta y el sueño (Salvador, 1995), además de las características psicológicas. Así, la ansiedad parece modular la relación entre el ejercicio físico y la respuesta hormonal, ya que la ansiedad cognitiva y somática pueden ser interpretadas como positivas por los deportistas, sobre todo por los de alto rendimiento, y por tanto como factores facilitadores del rendimiento y de la ejecución (Jones, Hanton y Swain, 1994). Se ha sugerido una asociación entre la ansiedad percibida como positiva y bajos niveles de C e incrementos en la T (Jones et al., 1994; Eubank, Smith y Smethurst, 1995). Por otro lado, también se ha descrito una relación entre estas hormonas y respuestas electrofisiológicas, ya que tras dividir una muestra de deportistas de élite en

función de su respuesta endocrina a una cicloergometría, los altos responsivos en T presentaron mayor reactividad cardíaca y los altos responsivos en C mayor reactividad electrodérmica a un estresor atencional que los bajos responsivos (Moya-Albiol, Salvador, González-Bono, Martínez-Sanchis y Costa, 2001b).

Testosterona

Los niveles de T varían en respuesta al ejercicio físico agudo, dependiendo de la intensidad y de la duración del mismo. En general, la concentración de T aumenta tras esfuerzos físicos agudos de alta intensidad (Cumming, Brunsting, Strich, Ries y Rebar, 1986; Mathur, Toriola y Dada, 1986; Wheeler et al., 1994), aunque en ejercicios que finalizan en el agotamiento al aumento inicial le sigue un descenso marcado, tanto en deportistas como en sedentarios, tardando varios días en alcanzarse los niveles previos al esfuerzo (Fernández-Pastor, Diego-Acosta y Fernández-Pastor, 1992). Los esfuerzos breves y moderados provocan aumentos de T en función de la intensidad (Häkkinen y Pakarinen, 1993), los submáximos de larga duración producen descensos (Gugliemini, Paolini y Conconi, 1984), y si el ejercicio es máximo, los descensos en T son todavía mayores, intensificándose con el estrés de tipo social (Suay et al., 1997). En cuanto a la duración, las concentraciones de T tienden a aumentar tras sesiones de 30 a 60 minutos de entrenamiento de fuerza (Weiss, Cureton y Thompson, 1983), mientras que en entre-

namientos de resistencia aumenta si la duración es igual o menor de 2 horas y decrece si llega a las 3 horas (Hackney, 1989; Vasankari, Kujala, Taimela, Huhtaniemi, 1993).

Tanto el ejercicio aeróbico como el anaeróbico producen cambios significativos en la concentración sérica de T (Cadoux-Hudson, Few e Imms, 1985), aunque otras veces no se han encontrado ni en hombres (Guezennec, Leger, Lhoste, Aymonod y Pesquies, 1986) ni en mujeres (Westerlind, Byrnes, Freedson y Katch, 1987). La respuesta de esta hormona es modulada por la condición física (Stone, Byrd y Johnson, 1984; Remes, Kuoppasalmi y Adlercreutz, 1985), ya que su concentración aumenta en sedentarios sometidos a un entrenamiento moderado (Cumming, Wall, Galbraith y Belcastro, 1987) y descienden con el prolongado e intenso (Arce, De Souza, Pescatello y Luciano, 1993), llegando a describirse un hipoandrogenismo en deportistas sobreentrenados (Vervoorn et al., 1991; Urhausen, Gabriel y Kindermann, 1995).

Cortisol

El comportamiento del C ante el ejercicio físico es variable y dependiente de la intensidad y de la duración del entrenamiento o del ejercicio realizado (Sutton et al., 1990). En general, el ejercicio de tipo agudo provoca aumentos en la concentración en función de la duración e intensidad del ejercicio, siempre y cuando ésta sea mayor del 60% del VO₂ máx. (Virus, 1992). Después de ejercicios de elevada intensidad (mayor del 80% de la capacidad funcional) la recuperación del C a sus niveles basales puede

variar y permanecer elevada durante horas e incluso días (Nieman et al., 1994), aunque entre deportistas de élite los niveles de C después de la realización de un ejercicio físico máximo pueden no variar o incluso disminuir inicialmente (Perna y McDowell, 1995).

Se han descrito mayores niveles de C en judokas que en sujetos sedentarios a lo largo de una temporada deportiva (Salvador et al., 1995). Los resultados respecto al C en deportistas sobreentrenados o con el Síndrome de Fatiga Crónica Deportiva son contradictorios, ya que por un lado se han descrito niveles menores de C que en sujetos sanos (Demitrack, Dale y Strauss, 1992; Lehmann et al., 1992), y por otro, se ha sugerido una posible hipercortisolemia en deportistas sobreentrenados (Urhausen et al., 1995). Por otra parte, se ha propuesto que los patrones de C en respuesta a un estresor pueden depender más de la percepción de «distrés» que tiene el sujeto que del esfuerzo físico realizado (Frankenhaeuser, 1990). Los deportistas de élite han sido entrenados para realizar esfuerzos físicos máximos por lo que pueden tener mayor resistencia fisiológica o mejores respuestas adaptativas al entrenamiento (Dienstbier, 1989). Ello justificaría que se den incrementos en los niveles de C que podrían ser interpretados como índices de «distrés». En situaciones de tolerancia al ejercicio, controlando el esfuerzo realizado, se han descrito mayores incrementos de C en sujetos novatos que en experimentados (Davis, Gass y Bassett, 1981). Por todo ello, se ha

sugerido que los factores psicológicos, junto con las demandas fisiológicas, pueden influir en la regulación del sistema hipotálamo-pituitario-adrenocortical en deportistas (Perna, Schneiderman y LaPerriere, 1997).

Ratio testosterona/cortisol

La ratio T/C se ha utilizado como indicador de los cambios en la

actividad anabólica- androgénica del organismo y, por lo tanto, como una estimación del grado de adaptación al entrenamiento (Adlercreutz et al., 1986; Pablos-Abella et al., 1999). En situación de sobreentrenamiento se producen disminuciones del rendimiento y pérdidas de masa muscular, que están asociadas a un

decremento en la ratio T/C y supuestamente debidas a un aumento de las funciones catabólicas sobre las anabólicas. En un reciente estudio se ha descrito un descenso de la ratio T/C tras un periodo de entrenamiento de 5 meses en deportistas profesionales hombres y mujeres (Salvador, Ricarte, González-Bono y Moya-Albiol, en prensa). A pesar de que la mayor parte de los autores consideran que la disminución de la ratio T/C se produce por un aumento del C, se han descrito descensos de la T en corredores de fondo sobreentrenados (Suay et al., 1997).

Se ha sugerido que la ratio T/C puede ser utilizada como indicador de esfuerzos agudos de alta intensidad (Suay et al., 1997). En deportistas se ha descrito una disminución en la ratio T/C tras realizar una maratón (Marinelli, Roi, Giacometti y Banfi, 1994), pero no se han detectado cambios significativos tras la realización de una cicloergometría máxima (Moya-Albiol et al., 2001a).

Discusión

El ejercicio físico agudo afecta la respuesta psicofisiológica al estrés, cuyos cambios pueden ser evaluados mediante el empleo de protocolos estandarizados. Los estresores físicos como las ergometrías permiten evaluar el tipo de esfuerzo realizado y su intensidad, además de facilitar el estudio objetivo de los cambios producidos a nivel psicológico y fisiológico.

Las respuestas del SNA más estudiadas han sido las cardiovasculares. Los estudios de laboratorio han tratado de verificar si la realización de ejercicio físico agudo tiene efectos sobre las respuestas cardiovasculares a estresores psicológicos, sin encontrar unanimidad en los resultados. Una variable que modula estas respuestas es la intensidad del esfuerzo físico. Los periodos de ejercicio físico agudo tienen un efecto atenuante sobre las respuestas fisiológicas a un estresor psicológico, siendo la relación dosis-dependiente y el ejercicio intenso el más efectivo en la amortiguación de las respuestas. Además, la condición física modula los efectos del ejercicio sobre las respuestas cardiovasculares al estrés mental, ya que los sujetos aeróbicamente en forma tienen menor reactividad y mejor recuperación cardiovascular a los estresores psicosociales.

El estado de ansiedad puede disminuir tras la realización de ejercicio físico agudo, aunque diversos factores como el tipo y la intensidad del ejercicio y las

características individuales pueden modular esta respuesta. En este sentido, el ejercicio aeróbico de intensidad moderada y practicado regularmente es el más efectivo en producir las disminuciones. Además, las diferencias en los niveles basales de ansiedad modulan estos efectos, ya que los incrementos de ansiedad debidos a efectos no deseados del ejercicio físico de alta intensidad se producen únicamente en los sujetos con bajos niveles de ansiedad.

El ejercicio físico agudo actúa como un estresor, por lo que también afecta los niveles hormonales. Los cambios en testosterona, en cortisol y en su ratio han sido considerados indicadores de la adaptación al esfuerzo físico. En general, los niveles de testosterona y de cortisol aumentan tras esfuerzos físicos agudos breves o moderados y de alta intensidad. Se ha sugerido que la ratio de estas hormonas es un indicador de la adaptación a esfuerzos agudos de alta intensidad. Los cambios en estas dos hormonas y en su ratio dependen, entre otras variables, de la condición física de los sujetos.

La diversidad de protocolos experimentales dificulta la generalización de los resultados obtenidos en los estudios que abordan esta temática. En primer lugar, las características de la muestras utilizadas son distintas, ya que se han empleado sujetos de diferente género, edad y grado de actividad física, variables que han mostrado modular la respuesta psicofisiológica al estrés (Moya-Albiol et al., 2001a; Carrillo et al., en prensa). Además, habría que profundizar en el significado funcional de las respuestas cardiovasculares y su relación con el nivel general de activación. Por otra parte, los diseños experimentales analizados han sido tanto transversales como longitudinales, y por lo tanto contestan a distintas preguntas sobre la relación entre estrés y respuestas psicofisiológicas. Por último, el tipo, la intensidad y la duración del ejercicio físico utilizado producen respuestas psicofisiológicas distintas (Wankel y Berger, 1990).

El ejercicio físico agudo moderado y habitual tiene efectos beneficiosos sobre la respuesta al estrés y por extensión sobre la salud. Aunque hay numerosos estudios sobre los efectos de esfuerzos puntuales sobre distintas respuestas psicofisiológicas, la mayoría se han centrado en aspectos aislados. Por ello, son necesarios más trabajos en los que se realicen protocolos estandarizados que permitan comparar los resultados obtenidos en diversos estudios, y donde se evalúen las respuestas comentadas y otras, como las inmunológicas, dentro de una perspectiva integradora que considere la respuesta al estrés en todos sus niveles de análisis. Además, sería importante considerar diversas variables de la muestra como la edad, el género, el grado de actividad física y las características psicológicas de estado y rasgo, ya que todas ellas son moduladoras de la respuesta psicofisiológica al estrés. De esta forma, se podría avanzar en la comprensión de los efectos beneficiosos y/o perjudiciales que la realización de ejercicio físico agudo tiene sobre la salud.

Referencias

Adlercreutz, H., Härkönen, M., Kuoppasalmi, K., Näveri, H., Huhtaniemi, I., Tikkanen, H., Remes, K., Dessypris, A., y Kervonen, J. (1986). Effect of training on plasma anabolic and catabolic steroid hormones and their response during

- physical exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 7, 27-28.
- Arce, J. C., De Souza, M. J., Pescatello, L. S., y Luciano, A. A. (1993). Subclinical alterations in hormone and semen profile in athletes. *Fertility and Sterility*, 59, 398-404.
- Barry, R. J. (1982). Novelty and significance effects in the fabrication of phasic OR measures: A synthesis with traditional OR. *Psychophysiology*, 19, 28-35.
- Berger, B. G., y Owen, D. R. (1992). Preliminary analysis of a causal relationship between swimming and stress reduction: Intense exercise may negate the effects. *International Journal of Sport Psychology*, 23, 70-85.
- Boutcher, S. H., Nugent, F. W., McLaren, P. F., y Weltman, A. L. (1998). Heart period variability of trained and untrained men at rest and during mental challenge. *Psychophysiology*, 35, 16-22.
- Cadoux-Hudson, T. A., Few, J. D., e Imms, F. J. (1985). The effect of exercise on the production and clearance of testosterone in well trained young men. *European Journal of Applied Physiology*, 54, 321-325.
- Carrillo, E., Moya-Albiol, L., González-Bono, E., Salvador, A., Ricarte, J., y Gómez-Amor, J. (en prensa). Gender differences in cardiovascular and electrodermal responses to public speaking task. The role of anxiety and mood states. *International Journal of Psychophysiology*.
- Carroll, D., Turner, J. R., y Rogers, S. (1987). Heart rate and oxygen consumption during mental arithmetic, a video game, and graded exercise. *Psychophysiology*, 24, 112-118.
- Clayton, R. P., Cox, R. H., Howley, E. T., Lawler, K. A., y Lawler, J. E. (1988). Aerobic power and cardiovascular responses to stress. *Journal of Applied Physiology*, 65, 1416-1423.
- Crews, D., y Landers, D. (1987). A meta-analytic review of aerobic fitness and reactivity to psychosocial stressors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19, s114-s120.
- Cumming, D. C., Brunsting, L. A., Strich, G., Ries, A. L., y Rebar, R. W. (1986). Reproductive hormone increases in response to acute exercise in men. *Medical Science in Sports and Exercise*, 18, 369-373.
- Cumming, D. C., Wall, S. R., Galbraith, M. A., y Belcastro, A. N. (1987). Reproductive hormone responses to resistance exercise. *Medical Science in Sports and Exercise*, 19, 234-238.
- Davis, H., Gass, G., y Bassett, J. (1981). Serum cortisol response to incremental work experienced and naive subjects. *Psychosomatic Medicine*, 43, 127-132.
- Demitrack, M., Dale, J. K., y Strauss, S. E. (1992). Evidence for impaired activation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis in patients with chronic fatigue syndrome. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 73, 1224-1234.
- Dienstbier, R. A. (1989). Arousal and physiological toughness: Implications for mental and physical health. *Psychological Review*, 64, 35-41.
- Dorheim, T. A., Rüdell, H., McKinney, M. E., Tood, G. L., Mellion, M. B., Buell, J. C., y Eliot, R. S. (1984). Cardiovascular response of marathoners to mental challenge. *Journal of Cardiac Rehabilitation*, 4, 476-480.

- Duda, J. L., Sedlock, D. A., Melby, C. L., y Thaman, C. (1988). The effects of physical activity level and acute exercise on heart rate and subjective response to a psychological stressor. *International Journal of Sport Psychology*, 19, 119-133.
- Estrada Ruiz, J. D., Menéndez Balaña, F. J., y Conde Pastor M. (2001). Reactividad psicofisiológica en deportistas y no deportistas y su modificación a través del biofeedback. *Revista Electrónica de Motivación y Emoción*, 4 Disponible en <http://reme.uji.es>.
- Eubank, M. R., Smith, N. C., y Smethurst, C. J. (1995). Intensity and direction of multidimensional competitive state anxiety: Relationships to performance in racket sports. *Journal of Sport Sciences*, 13 (1), 52-53.
- Farrell, P. A., Gustafson, A. B., Morgan, W. P., y Pert, C. B. (1987). Enkephalins, catecholamines, and psychological mood alterations: Effects of prolonged exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19, 347-353.
- Felts, W. M. (1989). Relationship between ratings of perceived exertion and exercise-induced decrease in state anxiety. *Perceptual and Motor Skills*, 69, 368-370.
- Fernández-Pastor, J. M., Diego-Acosta, A. M., y Fernández-Pastor, V. J. (1992). Hormonas y ejercicio. En J. González-Gallego (Ed.), *Fisiología de la actividad física y el deporte* (pp. 95-128). Madrid: Interamericana. McGraw Hill.
- Ferris-Santes M., y García del Moral-Betzen, L. (1989). Ergómetros. Unidades de medida. Protocolos de esfuerzo. En J. A. Ferrero Cabedo, L. García del Moral Betzen, y V. López Merino (Eds.), *Pruebas de esfuerzo* (pp.45-56). Valencia: Generalitat Valenciana: Conselleria de Cultura, Educación y Ciencia.
- Frankenhaeuser, M. (1990). A psychobiological framework for human stress and coping. In M. H. Appley, y R. Trumbull (Eds.), *Dynamics of stress: Physiological, psychological and social perspectives* (pp.105-111). Nueva York :Plenum.
- Gannon, L. (1988). The potential role of exercise in the alleviation of menstrual disorders and menopausal symptoms: a theoretical synthesis of recent research. *Women and Health*, 14, 105-127.
- Goldberg, A. D., Becker, L. C., Bonsall, R., Cohen, J. D., Ketterer, M. W., Kaufman, P. G., Krantz, D. S., Light, K. C., McMahon, R. P., Noreuil, T., Pepine, C. J., Raczynski, J., Stone, P. H., Strother, D., Taylor, H., y Sheps, D. S. (1996). Ischemic, hemodynamic, and neurohormonal responses to mental and exercise stress. Experience from the Psychophysiological Investigators of Myocardial Ischemia Study (PIMI). *Circulation*, 94, 2402-2409.
- González-Bono, E., Moya-Albiol, L., Salvador, A., Carrillo, E., Ricarte, J., y Gómez-Amor, J. (en prensa). Anticipatory autonomic response to public speaking task in women: the role of trait anxiety. *Biological Psychology*.
- Guezennec, Y., Leger, L., Lhoste, F., Aymonod, M., y Pesquies, P. C. (1986). Hormone and metabolite response to weight-lifting training sessions. *International Journal of Sports Medicine*, 7, 100-105.
- Gugliemini, C., Paolini, A. R., y Conconi, F. (1984). Variations of serum testosterone concentrations after physical exercise of different durations. *International Journal of Sports Medicine*, 5, 246-249.

- Guirado, P., Salvador, A., Miquel, M., Martínez-Sanchis, S., Carrasco, C., González-Bono, E., y Suay, F. (1995). Ansiedad y respuestas electrofisiológicas a una tarea de estrés mental tras un ejercicio aeróbico máximo. *Revista de Psicología del Deporte*, 7-8, 19-29.
- Hackney, A. C. (1989). Endurance training and testosterone levels. *Sports Medicine*, 8, 117-127.
- Häkkinen, K., y Pakarinen, M. (1993). Acute hormonal responses to two different fatiguing heavy-resistance protocols in male athletes. *Journal of Applied Physiology*, 74, 882-887.
- Holmes, D. S., y McGilley, B. M. (1987). Influence of a brief aerobic training program on heart rate and subjective response to psychologic stressor. *Psychosomatic Medicine*, 49, 366-374.
- Hull, E. M., Young, S. H., y Ziegler, M. (1984). Aerobic fitness affects cardiovascular and catecholamine responses to stressors. *Psychophysiology*, 21, 353-360.
- Jamieson, J. L., y Lavoie, N. F. (1987). Type A behavior, aerobic power, and cardiovascular recovery from a psychosocial stressor. *Health Psychology*, 6, 361-371.
- Jensen, J., Oftebro, H., Breigan, B., Johnsson, A., Öhlin, K., Meen, H. D., Stromme, S. B., y Dahl, H. A. (1991). Comparison of changes in testosterone concentrations after strength and endurance exercise in well trained men. *European Journal of Applied Physiology*, 63, 467-471.
- Jones, J. G., Hanton, S., y Swain, A. B. J. (1994). Intensity and interpretation of anxiety symptoms in elite and non-elite sports performers. *Personality and Individual Differences*, 17, 657-663.
- Lehmann, M., Gastmann, U., Petersen, K. G., Bachl, N., Seidel, A., Khalaf, A. N., Fisher, S., y Keul, J. (1992). Training-overtraining: Performance and hormone levels after a defined increase in training volume versus intensity in experienced long-distance runners. *British Journal of Sports Medicine*, 26, 233-242.
- Light, K. C., Obrist, P. A., James, S. A., y Strogatz, D. S. (1987). Cardiovascular response to stress II. Relationship to aerobic exercise patterns. *Psychophysiology*, 24, 79-86.
- Marinelli, M., Roi, J. S., Giacometti, M., y Banfi, G. (1994). Cortisol, testosterone and free testosterone in athletes performing marathon at 4000 m altitude. *Hormone Research*, 41, 225-229.
- Mathur, D. N., Toriola, A. L., y Dada, O. A. (1986). Serum cortisol and testosterone levels in conditioned male distance runners and non-athletes after maximal exercise. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 26, 245-250.
- McCubbin, J. A., Cheung, R., Montgomery, T. B., Bulbulian, R., y Wilson, J. F. (1992). Aerobic fitness and opioidergic inhibition of cardiovascular stress reactivity. *Psychophysiology*, 29, 687-697.
- Moya-Albiol, L., y Salvador, A. (2001). Respuesta cardíaca y electrodérmica ante estresores psicológicos de laboratorio. *Revista Electrónica de Motivación y Emoción*, 4. Disponible en <http://reme.uji.es>.
- Moya-Albiol, L., Salvador, A., Costa, R., Martínez-Sanchis, S., González-Bono, E.,

- Ricarte, J., y Arnedo, M. (2001a). Psychophysiological responses to the Stroop task after a maximal cycle ergometry in elite sportsmen and physically active subjects. *International Journal of Psychophysiology*, 40, 47-59.
- Moya-Albiol, L., Salvador, A., González-Bono, E., Martínez-Sanchis, S., y Costa, R. (2001b). The impact of exercise on hormones is related to autonomic reactivity to mental task. *International Journal of Stress Management*, 8, 215-229.
- Nieman, D. C., Miller, A. R., Henson, D. A., Warren, B. J., Gusewitch, G., Johnson, R. L., Davis, J. M., Butterworth, D. E., Herring, J. L., y Nehlsen-Cannarella, S. L. (1994). Effects of high-versus moderate-intensity exercise on lymphocyte subpopulations and proliferative response. *International Journal of Sports Exercise*, 26, 128-139.
- Obrist, P. A. (1981). *Cardiovascular Psychophysiology*. New York: Plenum Press.
- O'Connor, P. J., Petruzzello, S. J., Kubitz, K. A., y Robinson, T. L. (1995). Anxiety responses to maximal exercise testing. *British Journal of Sports Medicine*, 29, 97-102.
- Pablos-Abella, C. M., Navarro-Cabello, E., Fernández-Montejo, A., Benavent-Mahiques, J., González-Bono, E., Chillarón-García, E., Cervera-Torres, L., Giner-Garrido, A., y Martí-Calatayud, M.T. (1999). Efectos sobre la mejoría de la fuerza y el ratio testosterona/cortisol de dos métodos de entrenamiento de fuerza explosiva del tren inferior en el periodo competitivo de deportes de equipo. En J. L. Hernández-Vázquez (Ed), Efectos e implicaciones de variables fisiológicas sobre el entrenamiento (pp. 95-132). Madrid: Ministerio de Educación y Cultura. Consejo Superior de Deportes.
- Papillo, J. F., y Shapiro, D. (1990). The cardiovascular system. En J. T. Cacioppo, y L. G. Tassinary (Eds.), *Principles of psychophysiology: Physical, social, and inferential elements* (pp. 216-251). Cambridge: Cambridge University Press.
- Perna, F. M., y McDowell, S. L. (1995). Role of psychological stress in cortisol recovery from exhaustive exercise among elite athletes. *International Journal of Behavior Medicine*, 2, 13-26.
- Perna, F. M., Schneiderman, N., y LaPerriere, A. (1997). Psychological stress, exercise and immunity. *International Journal of Sports Medicine*, 18, S78-S83.
- Peronnet, F., Massicotte, D., Paquet, J. E., Brisson G., y De Champlain, J. (1989). Blood pressure and plasma catecholamine responses to various challenges during exercise recovery in men. *European Journal of Applied Physiology*, 58, 551-555.
- Raglin, J. S., y Morgan, W. P. (1987). Influence of exercise and quiet rest on state anxiety and blood pressure. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19, 456-483.
- Raglin, J. S., Turner, P. E., y Eksten, F. (1993). State anxiety and blood pressure following 30 min of leg ergometry or weight training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25, 1044-1048.
- Raglin, J. S., y Wilson, M. (1996). State anxiety following 20 minutes of bicycle ergometer exercise at selected intensities. *International Journal of Sports*

Medicine, 17, 467-471.

- Rejeski, W. J., Gregg, E., Thompson, A., y Berry, M. (1991). The effects of varying doses of acute aerobic exercise on psychophysiological stress responses in highly trained cyclists. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 13, 188-199.
- Remes, K., Kuoppasalmi, K., y Adlercreutz, H. (1985). Effect of physical exercise and sleep deprivation on plasma androgen levels: Modifying effect on physical fitness. *International Journal of Sports Medicine*, 6, 131-135.
- Roth, D. L. (1989). Acute emotional and psychophysiological effects of aerobic exercise. *Psychophysiology*, 26, 593-602.
- Roth, D. L., Bachtler, S. D., y Fillingim, R. B. (1990). Acute emotional and cardiovascular effects of stressful mental work during aerobic exercise. *Psychophysiology*, 27, 694-701.
- Roy, M., y Steptoe, A. (1991). The inhibition of cardiovascular responses to mental stress following aerobic exercise. *Psychophysiology*, 28, 689-700.
- Saklofske, D. H., Blomme, G., y Kelly, J. W. (1992). The effects of exercise and relaxation on energetic and tense arousal. *Personality and Individual Differences*, 13, 623-625.
- Salvador, A. (1995). Respuesta psicoendocrina al estrés competitivo. En E. Cantón (Ed.), *V Congreso de Psicología de la Actividad Física y el Deporte* (pp. 92-97). Valencia: Universitat de València.
- Salvador, A., Ricarte, J., González-Bono, E., y Moya-Albiol, L. (en prensa). Effects of physical training on endocrine and autonomic responsiveness to acute stress. *Journal of Psychophysiology*.
- Salvador, A., Suay, F., Martínez-Sanchis, S., González-Bono, E., Rodríguez, M., Gilabert, A., y Bolufer, P. (1995). Deporte y salud: Efectos de la actividad deportiva sobre el bienestar psicológico y mecanismos hormonales subyacentes. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 48, 125-137.
- Schuler, J. L. H., y O'Brien, W. H. (1997). Cardiovascular recovery from stress and hypertension risk factors: A meta-analytic review. *Psychophysiology*, 34, 649-659.
- Sinyor, D., Golden, M., Steinert, Y., y Seraganian, P. (1986). Experimental manipulation of aerobic fitness and the response to psychological stress. *Psychosomatic Medicine*, 48, 324-337.
- Steptoe, A., y Cox, S. (1988). Acute effects of aerobic exercise on mood. *Health Psychology*, 7, 329-340.
- Steptoe, A., Kearsley, N., y Walters, N. (1993). Cardiovascular activity during mental stress following vigorous exercise in sportsmen and inactive men. *Psychophysiology*, 30, 245-252.
- Stone, M. H., Byrd, R., y Johnson, C. (1984). Observations on serum androgen response to short term resistive training in middle age sedentary males. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 5, 40-65.
- Suay, F., Sanchís, C., y Salvador, A. (1997). Marcadores hormonales del síndrome de sobreentrenamiento. *Revista de Psicología del deporte*, 11, 21-39.

- Sutton, J. R., Farrell, P. A., y Harber, V. J. (1990). Hormonal adaptation to physical activity. In C. Bouchard, R. J. Shephard, T. Stephens, J. R. Sutton, y B. D. Mapherson (Eds.), *Exercise, fitness and health* (pp. 217-257). Illinois: Human Kinetics Books.
- Szabó, A., Péronet, F., Frenkl, R., Farkas, A., Petrekanits, M., Meszaros, J., Hetenyi, A., y Szabó, T. (1994). Blood pressure and heart rate reactivity to mental strain in adolescent judo athletes. *Physiology and Behavior*, *56*, 219-224.
- Turner, J. R., y Carroll, D. (1985). Heart rate and oxygen consumption during mental arithmetic, a video game, and graded exercise: Further evidence of metabolically-exaggerated cardiac adjustments?. *Psychophysiology*, *22*, 261-267.
- Turner, J. R., Carroll, D., Costello, M., y Sims, J. (1988). The effects of aerobic fitness on additional heart rates during active psychological challenge. *Journal of Psychophysiology*, *2*, 91-97.
- Urhausen, A., Gabriel, H., y Kindermann, W. (1995). Blood hormones as makers of training stress and overtraining. *Sports Medicine*, *20*, 251-276.
- Van Doornen, L. J. P., y De Geus, E. J. G. (1989). Aerobic fitness and the cardiovascular response to stress. *Psychophysiology*, *26*, 17-27.
- Van Doornen, L. J. P., De Geus, E. J. C., y Orlebeke, J. F. (1988). Aerobic fitness and the physiological stress response: A critical evaluation. *Social Science and Medicine*, *26*, 303-307.
- Vasankari, T. J., Kujala, U. M., Taimela, S., y Huhtaniemi, I. T. (1993). Pituitary-gonadal response to gonadotropin-releasing hormone stimulation is enhanced in men after strenuous physical exercise. *Acta Endocrinologica*, *129*, 9-14.
- Vervoorn, C., Quist, A. M., Vermlust, L. J. M., Erich, W. B. M., De Vries, W. R., y Thijssen, J. H. (1991). The behaviour of the plasma free testosterone/cortisol ratio during a season of elite rowing training. *International Journal of Sports Medicine*, *12*, 257-263.
- Viru, A. (1992). Plasma hormones and physical exercise. *International Journal of Sports Medicine*, *13*, 201-209.
- Viru, A., y Smirnova, T. (1995). Health promotion and exercise training. *Sports Medicine*, *19*, 123-136.
- Wankel, L.M., y Berger, B.G. (1990). The psychological and social benefits of sport and physical activity. *Journal of Leisure Research*, *22*, 167-182.
- Weiss, L. W., Cureton, K. J., y Thompson, F. N. (1983). Comparison of serum testosterone and androsteredione responses to weight lifting in men and women. *European Journal of Applied Physiology*, *50*, 413-419.
- Westerlind, K. C., Byrnes, W. C., Freedson, P. S., y Katch, F. I. (1987). Exercise and serum androgens in women. *The Physician and Sports Medicine*, *15*, 87-94.
- Wheeler, G., Cumming, D., Burnham, R., MacLean, I., Sloley, B. D., Bhambhani, Y., y Steadward, R. D. (1994). Testosterone, cortisol and catecholamine responses to exercise stress and autonomic dysreflexia in elite quadriplegic athletes. *Paraplegia*, *32*, 292-299.