

Estrés oxidativo y capacidad antioxidante en deportistas con dieta rica en antioxidantes con zarzamora (*Rubus sp.*)

Sylvia Adriana Estrada-Díaz*, Germán Hernández-Cruz*, Rosa María Cruz-Castruita*,
Laura Mireya Zavala-Flores**, Elisabet Rodríguez-Bies***,
Blanca Rocío Rangel-Colmenero*

OXIDATIVE STRESS IN ATHLETES WITH ANTIOXIDANT-RICH DIET OF BLACKBERRY (RUBUS SP.)

KEYWORDS: Exercise, Blackberry, Polyphenols, Redox balance, Total Antioxidant Capacity.

ABSTRACT: Objective. Identify Oxidative Stress (OS) behavior in athletes with and without the intake of an antioxidant-rich diet during a competitive period. Methods. 14 high-performance athletes of handball team were evaluated. Two groups were established: 7 in an experimental group (blackberry intake) and 7 in a control group (with and without the intake of blackberry, respectively). The intake of blackberry beverage or placebo for both groups was a daily dose for 15 days (7 days in the pre-competition stage, 7 days during the competition period and a dose 24h after the end of the competition). OS (i.e. d-ROMs test, Cornelli units, U. Cor.) and the Total Antioxidant Capacity (TAC) (i.e. PAT test, Carratelli units, U. Carr.) on plasma, were quantified at 4 moments: (1) resting (1 week before the competition, before the beverage intake); (2) pre-competition (one week before the competition); (3) at the end of the competition; and (4) 24 hours after the competition. Results. On the experimental group, OS was significantly reduced ($p = .018$) comparing resting takes with the pre-competition, after 7 days of the antioxidant-rich diet. The control group had a significant rise on TAC presented in pre-competition ($p = .028$) as well as at end of competition ($p = .046$) compared to the resting take. Conclusion. The OS rises after competition and stimulates the TAC. The intake of an antioxidant-rich diet is helpful on pre-competition training since it promotes the regulation of OS, diminishing its levels.

En atletas, la búsqueda de la excelencia deportiva durante el periodo de competición los conduce a manejar altos niveles de exigencias físicas, biológicas y psicológicas, la respuesta adaptativa depende de los componentes de la carga. Si las cargas de exigencia sobrepasan ciertos límites de tolerancia, puede detonar el estrés el cual es considerado como factor de riesgo para la salud física y mental, interviene en el mecanismo de adaptación biológica y en la vulnerabilidad a sufrir lesiones (Montero, Peinado, Ortega y Gross, 2006; A. Olmedilla, Andreu, Ortín y Blas, 2009) su persistencia puede afectar el rendimiento deportivo (Aurelio Olmedilla y Blas, 2010). En este contexto, el estrés agudo se produce cuando el atleta interpreta una situación como estresante y el estrés crónico cuando una situación interpretada como estresante se prolonga en el tiempo (Molinero, Salguero y Márquez, 2012).

Existen componentes biológicos y fisiológicos del estrés, a nivel celular nuestro organismo se encuentra en constante regulación del equilibrio entre la oxidación y antioxidación, llamado balance redox (De la Cruz, Ortega, Moreno, Cañadas y Ruiz-Risueño, 2008); este balance dentro de la célula permite que ciertas moléculas desarrollen funciones vitales, por ejemplo controlando la expresión génica, diferenciación, proliferación, apoptosis, crecimiento y adhesión celular, así como diferentes interacciones entre proteínas y funciones enzimáticas (Kesarwani,

Murali, Al-Khami y Mehrotra, 2012; Zalavras et al., 2015). El equilibrio se mantiene por la regulación del intercambio de electrones entre agentes de reducción y oxidación a través de moléculas de señalización producidas por las mitocondrias (Burgoyne, Mongue-Din, Eaton y Shah, 2012; Kesarwani et al., 2012; Radak, Zhao, Koltai, Ohno y Atalay, 2012).

Cuando el balance redox se rompe aumentando los agentes oxidantes, excediendo la capacidad antioxidante y los agentes reductores son incapaces de regular las acciones oxidativas, se genera daño celular a diferentes niveles denominado Estrés Oxidativo (EO) (Lichtenberg y Pinchuk, 2015). Los principales agentes oxidantes son los Radicales Libres (RL) y las Especies Reactivas de Oxígeno (ERO) los cuales aceptan electrones y se reducen; entre estas últimas se encuentran el anión superóxido (O_2^-), peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y el radical hidroxilo (OH) (Radak et al., 2017).

En el ejercicio regular moderado, los RL y las ERO se incrementan para activar vías que protegen como parte de la respuesta adaptativa (Venditti, Gomez-Cabrera, Zhang y Radak, 2015) durante la contracción de fibras musculares debido a la actividad de las enzimas NADPH (nicotinamida adenina dinucleótido fosfato) oxidada y la óxido nítrico sintasa, además disminuye la coenzima NAD^+ (nicotinamida adenina dinucleótido) y la concentración de la fosfocreatina, molécula

Correspondencia: Blanca Rocío Rangel Colmenero. Laboratorio de Rendimiento Humano, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Organización Deportiva, Cd. Universitaria, s/n, San Nicolás de los Garza, N.L., México, C.P. 66451. E-mail: blanca.rangelc@uanl.mx.

* Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Organización Deportiva, Nuevo León, México.

** Centro de Investigación Biomédica del Noreste del Instituto Mexicano del Seguro Social. Nuevo León, México.

*** Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España.

Agradecimientos: A la Secretaría de Educación Pública (SEP) a través del Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) DSA/103.15/15/6797 Publicación financiada por CONACYT Red Temática REDDECA.

"Artículo remitido e invitado con revisión"

donante de grupos fosforilo para la producción de ATP (adenosin trifosfato) (Di Meo, Iossa y Venditti, 2017; Wiecek, Maciejczyk, Szymura, Szygula y Kantorowicz, 2015).

Mientras que en el ejercicio físico intenso o extenuante se aumenta de manera drástica la tasa metabólica del músculo esquelético, incrementando con mayor potencia el consumo de oxígeno así como la producción de las ERO y RL (Azizbeigi, Stannard, Atashak y Mosalman Haghighi, 2014), altos niveles de ERO durante periodos largos puede resultar en la activación crónica de las vías que promueven la proteólisis o muerte celular (Radak et al., 2016; Venditti et al., 2015) y de ésta manera se inducen daños moleculares sobre lípidos, proteínas y ADN (Azizbeigi, Azarbayjani, Atashak y Stannard, 2015; Fernández, Da Silva-Grigoletto y Túnez-Fiñana, 2009), desencadenando al EO, a la disfunción transitoria inmune, inflamación, daño y al dolor muscular (Nieman et al., 2013).

El EO crónico o persistente se asocia con la práctica del ejercicio intenso o extenuante y afecta de manera negativa distintos órganos, sistemas y tejidos (Knez, Jenkins y Coombes, 2014; Pingitore et al., 2015; Powers, Radak y Ji, 2016), incrementando el riesgo a lesiones, infecciones o desencadenar enfermedades crónico-degenerativas en los atletas (Bouziid, Hammouda, Matran, Robin y Fabre, 2014; Lichtenberg y Pinchuk, 2015).

Por otra parte, los principales agentes antioxidantes quienes ceden electrones y se oxidan, se clasifican como enzimáticos y no enzimáticos. En los primeros se encuentra la superóxido dismutasa, catalasa, glutatión peroxidasa (Powers, Morton, Ahn y Smuder, 2016) y dentro de los no enzimáticos están los antioxidantes exógenos que se requiere sean consumidos en la dieta (Halliwell, 2006; Ushio-Fukai, 2009) e incluyen a la vitamina C, vitamina E, carotenoides, polifenoles, selenio, entre otros (Nieman, Burke, Stear y Castell, 2011); forman parte de la regulación del balance redox (Edeas, 2011), protegen y pueden prevenir los efectos adversos de las ERO y los RL sobre las funciones fisiológicas (Coronado, Vega y León, Gutiérrez, Vázquez y Radilla, 2015), así como del EO (Powers, Radak, et al., 2016).

Recientemente, los polifenoles han sido utilizados para realizar estudios científicos en el ámbito deportivo por sus propiedades antioxidantes (Herrlinger, Chirouzes y Ceddía, 2015; McAnulty et al., 2011; Nieman et al., 2013). Incluso frutos rojos como los arándanos y las cerezas entre otros, han demostrado beneficios potenciales en la regulación del EO inducido por ejercicio (McAnulty et al., 2004; Nieman et al., 2013). Nieman et al. (2015) evaluaron la ingesta de los antioxidantes del plátano y la pera sobre el rendimiento deportivo y la recuperación en ciclistas, obteniendo una mejora en la capacidad antioxidante.

Existe una gran variedad de métodos para la evaluación del EO y la CTA; para éste último uno de los más utilizados es el FRAP (Poder Antioxidante de la Reducción Férrica) método espectrofotométrico que consiste en medir en una muestra de plasma el poder de una sustancia para reducir el Fe^{+3} a Fe^{+2} a una densidad óptica (DO) de 593nm; se utiliza el complejo TPTZ (férrico-2,4,6-tripiridil-s-triazina) incoloro, el cual es reducido al complejo ferroso coloreado (Benzie y Strain, 1996; Edeas, 2011; Herrlinger et al., 2015; Rodrigo et al., 2011; Thaipong, Boonprakob, Crosby, Cisneros-Zevallos y Hawkins Byrne, 2006). En cuanto al EO, se utiliza una técnica que determina la concentración de metabolitos reactivos de oxígeno, particularmente de hidroperóxidos que son marcadores y

amplificadores de los RL (U Cornelli, Terranova, Luca, Cornelli y Alberti, 2001; Umberto Cornelli, 2011). El objetivo del presente estudio fue identificar el comportamiento del EO y la CTA en deportistas de balonmano que realizaron ejercicios intensos durante el periodo de competencia a quienes se les administró una dieta rica en antioxidantes de la zarzamora mexicana (*Rubus sp.*).

Método

Sujetos

Participaron 14 atletas universitarios del equipo varonil de balonmano con experiencia en torneos nacionales e internacionales, quienes realizaban sesiones de entrenamiento de 15 a 18 horas por semana como parte de la preparación para su competencia fundamental. Los atletas fueron distribuidos aleatoriamente, 7 en un grupo experimental (dieta rica en antioxidantes) y 7 en un grupo control (dieta placebo).

Aspectos éticos

De acuerdo con el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, la declaración de Helsinki (7ª enmienda, 2013) y los lineamientos propios para investigaciones biomédicas, se contó con el consentimiento por escrito de los atletas. Así mismo, se obtuvo la aprobación del Comité de Bioética en Investigación en Ciencias de la Salud (COBICIS) del Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias de la Salud (CIDICS) de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México (COBICIS-801/2015/124-01HCG).

Suministro de la dieta rica en antioxidantes

Para el grupo experimental se preparó una bebida rica en antioxidantes con 200g de zarzamora (*Rubus sp.*) en 200mL de agua natural purificada, sin ingredientes añadidos, aportando 103kcal, 25.5g de hidratos de carbono, 1.48g de proteínas, 1.1g de lípidos, de vitamina A 77.96µg, de vitamina C 42.03mg (Pérez-Lizaur, 2001) y de fenoles totales 22.3mg (Martínez-Cruz et al., 2011). El grupo control ingirió la bebida placebo preparada en agua natural purificada con colorante vegetal rojo. El consumo de la bebida para ambos grupos fue de una dosis diaria por la mañana antes del almuerzo durante 15 días que incluían 7 días en la etapa de pre competencia, 7 días durante el periodo de competencia y una dosis 24h después de finalizar la competencia.

Recolección de muestras

Apegados a los protocolos de seguridad para el trabajo con material biológico de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM-087-ECOL-SSA1-2002 en nivel 1; NOM-017-STPS-2008), se recolectaron muestras de sangre venosa periférica usando tubos heparinizados en 4 momentos: Reposo (1 semana previa a la competencia, antes del suministro de la bebida); Precompetencia (inmediatamente antes de la competencia); al final de competencia y 24 horas después de la competencia.

Evaluación del estrés oxidativo (EO) y capacidad total antioxidante (CTA)

Las muestras de sangre total se centrifugaron a 3000rpm durante 3 min para separar el plasma de los componentes celulares. El EO se cuantificó determinando la concentración de hidroperóxidos (*i.e.* prueba d-ROMs, unidades Cornelli) y la CTA mediante el método FRAP (*i.e.* prueba PAT, unidades Carratelli). Ambas pruebas se

realizaron utilizando reactivos comerciales (REDOX O.B. KIT) y el equipo FRAS4 Evolve (H&D, Parma, Italy).

Para la medición del EO (d-ROMS test) se depositaron 10µL de plasma dentro de una microcubeta a la cual se le añadió buffer de reactivo R2 (pH 4.8) y se mezcló por inversión; la mezcla se colocó en un nuevo recipiente que contenía cromógeno condensado. Posteriormente se cerró la microcubeta para mezclar nuevamente por inversión y se colocó dentro del fotómetro para realizar la lectura a una densidad óptica (DO) de 1cm y longitud de onda de 505nm. El resultado se expresa en Unidades Caretelli (U.Carr.) considerando que 1 U.Carr. es equivalente a 0.08mg peróxido de hidrógeno/dL.

Para la medición de la CTA (PAT test) se tomó el recipiente que contiene el reactivo R1 (solución de cromógeno) y se agregaron 40µL del reactivo R2 (solución de nitrato férrico) y se mezcló por inversión durante 10 segundos. La microcubeta que contenía la mezcla se insertó en la celda de lectura durante 10 segundos, posteriormente se agregaron 10µL de plasma mezclando por inversión durante 10 segundos. Nuevamente se colocó la microcubeta en la celda del fotómetro para realizar la lectura a una DO de 1cm y longitud de onda de 593nm; los resultados se obtienen en Unidades Cornelli (U. Cor.) tomando en cuenta que cada U. Cor. equivale a 1.4micromol/L de ácido ascórbico.

Análisis estadístico

Se utilizaron pruebas no paramétricas, se aplicó estadística descriptiva, posteriormente la prueba de normalidad de datos de Kolmogorov-Smirnov, se utilizó la prueba de U Mann Whitney para comparar las diferencias entre grupos y se realizó la prueba de Friedman, seguido de la prueba de Wilcoxon con el software estadístico SPSS versión 21.

Resultados

Las características generales de los deportistas evaluados se muestran en la Tabla 1. En cuanto al EO (Figura 1) analizando las medias del grupo experimental, se observaron valores de 327 ± 47 U. Carr. presentados en la toma de reposo y posteriormente después de una semana del suministro de la dieta rica en antioxidantes en la toma previa a la competencia éstos niveles disminuyeron a 274 ± 41 U. Carr. con diferencia significativa ($p < 0.05$). Después de la competencia, en la toma al final los niveles de EO fueron de 316 ± 31 U. Carr. y posteriormente a las 24 horas de 307 ± 31 U. Carr. En el grupo control se presentaron valores de 288 ± 91 U. Carr. del EO en la toma en reposo y niveles de 319 ± 56 U. Carr. en la toma 24 horas después de la competencia, sin diferencias significativas.

En relación a la CTA (Figura 2) en el grupo control se presentaron niveles de 2273 ± 223 U. Cor. en la toma en reposo y en la toma previa a competencia aumentaron a 2600 ± 298 U. Cor. con diferencia significativa ($p < 0.05$); posteriormente al final de la competencia los valores de la CTA continuaron incrementando hasta alcanzar los niveles más altos (2814 ± 482 U. Cor.) con diferencia significativa respecto a la toma en reposo ($p < 0.05$) y a las 24 horas se presentaron valores de 2571 ± 421 U. Cor.. En el grupo experimental, en la toma en reposo se observaron valores de 2550 ± 209 U. Cor. en la CTA, de 2636 ± 237 U. Cor. en la toma previa a la competencia y posteriormente en la toma final se alcanzaron niveles de 2808 ± 266 U. Cor., sin embargo no mostraron diferencias significativas.

A pesar de las variaciones observadas tanto en el EO como en la CTA, no se detectaron diferencias significativas entre los grupos experimental y control.

Característica	Grupo experimental (n=7)	Grupo control (n=7)
	M ± SD	M ± SD
Edad (años)	22±2.1	22±1.5
Peso (kg)	84±10	85±19
Estatura (m)	1.79±0.07	1.8±0.05
Masa magra(kg)	62.5±5.7	66.2±9.7
Masa grasa(kg)	15.5±8.2	15.4±10.5

Tabla 1. Características de los jugadores del equipo de balonmano (N=14).

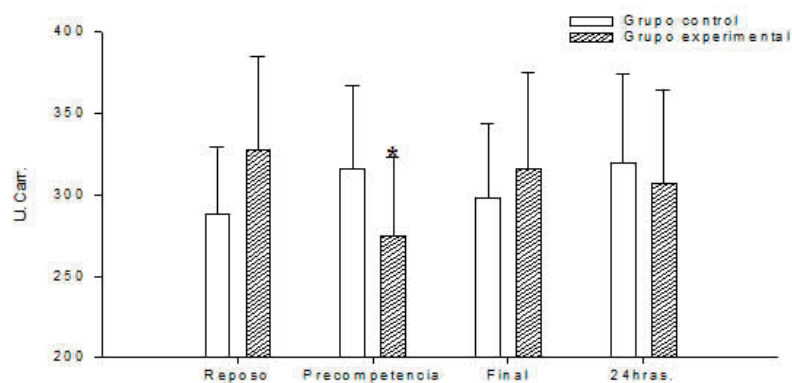


Figura 1. Estrés oxidativo según prueba d-ROMS del grupo control y el grupo experimental. * Diferencia significativa ($p < 0.05$) con respecto a la toma de reposo.

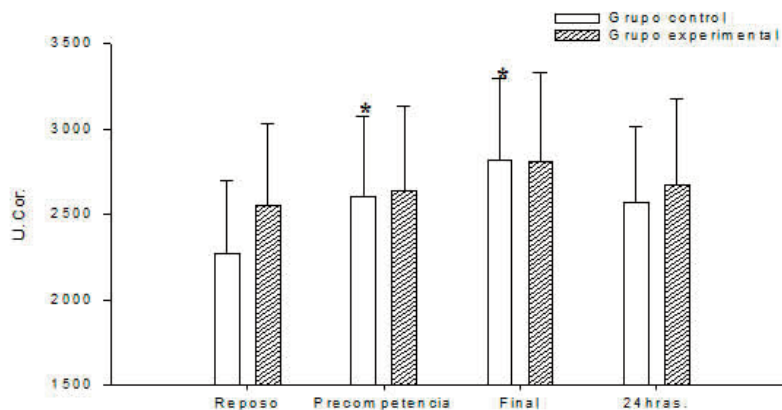


Figura 2. Capacidad total antioxidante por la prueba PAT del grupo control y el grupo experimental. * Precompetencia y final de la competencia en el grupo control presentan diferencias significativas ($p < 0.05$) con respecto a la toma de reposo

Discusión

El objetivo del presente estudio fue el identificar el comportamiento del EO y la CTA en jugadores de balonmano con y sin la ingesta de dieta rica en antioxidantes durante el periodo de competición. Encontrando que el grupo experimental, después de 7 días de la ingesta de zarzamora (*Rubus sp.*) previo a la competencia, el EO disminuyó de manera significativa comparado con la toma en reposo. Al contrario de los resultados encontrados por Deminice et al. (2013) quienes evaluaron a jugadores de futbol antes y después de realizar ejercicios intensos, el grupo experimental fue suplementados durante 7 días previos con creatina, mostrando un incremento significativo en el EO después del ejercicio intenso y sin apreciarse un efecto positivo de la suplementación con creatina.

Por otra parte, Jowko et al. (2015) que evaluaron a velocistas en 4 momentos: antes, después y a las 24 horas de la carrera de competencia, y a la mitad se les suplemento con antioxidantes de extracto de té verde, encontraron que los valores de la CTA aumentaron de manera significativa después de una semana de suplementación, identificando que la suplementación con antioxidantes del té verde mejora la CTA.

Calder et al. (2008) reportan que el ejercicio intenso en los atletas durante competencia incrementa el EO en músculo y en el organismo en general. Ésta condición metabólica del EO puede resultar de la combinación de ERO y RL derivados de tres fuentes: las mitocondrias, transformación metabólica impulsada principalmente por el anión superóxido así como por la xantina oxidasa y la activación de neutrófilos producto de ejercicios intensos y extenuantes en competencia (Arquer, Elosua y Marrugat, 2010; Fernández et al., 2009).

Lo anterior coincide con resultados de Corsetti et al. (2012) cuando evaluaron a ciclistas mostrando un aumento significativo en el EO entre la toma antes de la competencia y después de la misma. Así mismo, en nadadores de alto rendimiento Deminice et al. (2010) evaluaron el EO antes y después de competencia, observando un incremento del 16% con una diferencia significativa.

Sin embargo en nuestro estudio no se presentan aumentos significativos de una toma a otra del EO, en ninguno de los grupos evaluados.

Nuestros resultados muestran que la CTA en el grupo control, incrementó sus niveles desde la toma en reposo con diferencia

significativa, en la toma previa a competencia y posteriormente al final de la competencia alcanzando los niveles más altos con diferencia significativa respecto a la toma en reposo. En relación, Marín et al. (2010) menciona que el ejercicio extenuante genera incremento de los niveles plasmáticos de la CTA, como consecuencia de la actividad suprarrenal y descenso de forma general de antioxidantes no enzimáticos exógenos, debido a su utilización para combatir la producción elevada de ERO y RL. Así mismo Fernández et al. (2009) refieren que el EO inducido por el ejercicio intenso, incrementa los niveles de antioxidantes enzimáticos endógenos incluyendo la superóxido dismutasa, la catalasa y al glutatión peroxidasa. Lo anterior coincide con los resultados del estudio en ciclistas de Corsetti et al (2012) en donde se presentó aumento de la CTA cuando los niveles de EO se elevan, y disminuye de manera significativa con el descenso del EO.

Martinovic et al. (2011) monitorearon marcadores de EO en jugadoras de voleibol durante 6 semanas de entrenamiento, la mitad de ellas fueron suplementadas con antioxidantes (vitamina C, E, zinc y selenio) y en los dos grupos se observaron aumentos significativos de EO y en la CTA se presentó una disminución significativa después del entrenamiento, sin demostrar beneficios de dicha suplementación. A diferencia de lo anterior, aún y cuando no se encontró diferencia significativa entre el grupo experimental y el grupo control, en nuestro estudio el grupo experimental que fue favorecido con la dieta rica en antioxidantes de polifenoles de la zarzamora (*Rubus sp.*) presentó una mejor regulación del EO a la semana de su consumo, con diferencia significativa entre la toma en reposo y la toma previa a la competencia.

Conclusión

No se encontró diferencia significativa entre el grupo control y experimental, al consumir una dieta rica en antioxidantes con zarzamora (*Rubus sp.*), sin embargo consideramos que es importante realizar protocolos con mayor control de variables para comprobar el resultado favorable del consumo de ésta fruta en el entrenamiento previo a la competencia ya que en nuestros resultados se alcanza a apreciar una disminución de los valores del EO, así como el mantenimiento de la CTA. Por otra parte se reconoce que el ejercicio intenso promueve la producción de RL y como consecuencia estimula la CTA previo, durante y después de la competencia.

ESTRÉS OXIDATIVO Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN DEPORTISTAS CON DIETA RICA EN ANTIOXIDANTES CON ZARZAMORA (RUBUS SP.)

PALABRAS CLAVE: Ejercicio, Zarzamora, Polifenoles, Balance redox, Capacidad total antioxidante.

RESUMEN: Objetivo. Identificar el comportamiento del Estrés Oxidativo (EO) en atletas con y sin la ingesta de dieta rica en antioxidantes durante el periodo competitivo. Métodos. Se evaluaron a 14 atletas de alto rendimiento del equipo de balonmano, quienes fueron distribuidos 7 en un grupo experimental y 7 en un grupo control (con y sin ingesta de zarzamora, respectivamente). El consumo de la bebida de zarzamora o placebo para ambos grupos, fue de una dosis diaria durante 15 días (7 días en la etapa de pre competencia, 7 días durante el periodo de competencia y una dosis 24h después de finalizar la competencia). Se cuantificó el EO (*i.e.* prueba d-ROMs, unidades Cornelli, U. Cor.) y la capacidad total antioxidante (CTA) en plasma (*i.e.* prueba PAT, unidades Carratelli, U. Carr.), en 4 momentos: (1) reposo (1 semana previa a competencia, antes del suministro de bebida); (2) pre competencia (una semana antes de la competencia); (3) al final de competencia y (4) a las 24 h después de la competencia. Resultados. En el grupo experimental, el EO disminuyó de manera significativa ($p = .018$) al comparar la toma en reposo con la toma previa a la competencia después de 7 días de la ingesta de la dieta rica en antioxidantes. El grupo control presentó aumentos significativos de la CTA en la toma previa a competencia ($p = .028$) así como al final de la misma ($p = .046$), con respecto a la toma en reposo. Conclusión. El EO se incrementa después de la competencia y estimula la CTA. La ingesta de la dieta rica en antioxidantes es favorable en el entrenamiento previo a la competencia ya que promueve la regulación del EO, disminuyendo los valores del mismo.

ESTRESSE OXIDATIVO E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE NOS ATLETAS COM DIETA RICA EM ANTIOXIDANTES COM AMORA-PRETA (RUBUS SP)

PALAVRAS CHAVE: Exercício, Amora-preta, Polifenóis, Equilíbrio redox, a Capacidade antioxidante total.

RESUMO: Objetivo. Identificar o comportamento do estresse oxidativo (EO) em atletas com e sem a ingestão de dieta rica em antioxidantes durante o período competitivo. Métodos. Foram avaliadas 14 atletas de alto rendimento da equipe de handebol, que foram distribuídos em 7 num grupo experimental e 7 num grupo de controlo (com e sem ingestão de amora, respectivamente). O consumo da amora bebida ou placebo em ambos os grupos era uma dose diária durante 15 dias (7 dias no pré competição, 7 dias durante a competição e uma dose 24 horas depois de terminar a competição). O EO foi quantificado (*i.e.* prova d-ROMs, unidades Cornelli, U. Cor.) e a capacidade antioxidante total (CAT) no plasma (isto é, teste de PAT, unidades Carratelli, U. Carr.) em 4 fases: (1) repouso (uma semana antes da competição antes do fornecimento de bebida); (2) pré-competição (uma semana antes da competição); (3) no fim da competição e (4) às 24 h após a competição. Resultados. No grupo experimental, o EO diminuiu significativamente ($p = 0,018$) comparando a toma em repouso com a toma anterior à competição após 7 dias de ingestão da dieta rica em antioxidantes. O grupo de controlo teve aumentos significativos no CAT na toma previa à competição ($p = .028$) e no final da mesma ($p = .046$), com respeito à toma em repouso. Conclusão. O EO aumenta após da competição e estimula o CAT. A ingestão de dieta rica em antioxidantes é favorável no treinamento pré-competição, uma vez que promove a regulação da EO, diminuindo os valores do mesmo.

Referencias

- Arquer, A., Elosua, R., & Marrugat, J. (2010). Actividad física y estrés oxidativo. *Apunts Medicina de l'Esport*, 45(165), 31–40. <http://doi.org/10.1016/j.apunts.2009.12.002>
- Azizbeigi, K., Azarbayjani, M. A., Atashak, S., & Stannard, S. R. (2015). Effect of Moderate and High Resistance Training Intensity on Indices of Inflammatory and Oxidative Stress. *Research in Sports Medicine*, 23(January), 73–87. <http://doi.org/10.1080/15438627.2014.975807>
- Azizbeigi, K., Stannard, S. R., Atashak, S., & Mosalman Haghighi, M. (2014). Antioxidant enzymes and oxidative stress adaptation to exercise training: Comparison of endurance, resistance, and concurrent training in untrained males. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 12(1), 1–6. <http://doi.org/10.1016/j.jesf.2013.12.001>
- Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70–6. <http://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Bouzd, M. A., Hammouda, O., Matran, R., Robin, S., & Fabre, C. (2014). Changes in oxidative stress markers and biological markers of muscle injury with aging at rest and in response to an exhaustive exercise. *PLoS ONE*, 9(3), 1–7. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0090420>
- Burgoyne, J. R., Mongue-Din, H., Eaton, P., & Shah, A. M. (2012). Redox signaling in cardiac physiology and pathology. *Circulation Research*, 111, 1091–1106. <http://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.111.255216>
- Calder, J. C., Fer, A. Z., & Mar, A. I. (2008). Atherosclerosis, estrés oxidativo y actividad física. Revisión. *Investigación Clínica*, 49(3), 397–410. Retrieved from <http://www.scielo.org.ve/pdf/ic/v49n3/art11.pdf>
- Corsetti, Roberto; Villa, Mauro; Pasturenzi, Massimo; Finco, Annarosa; Cornelli, U. (2012). Redox State in Professional Cyclists Following Competitive Sports Activity. *The Open Sports Medicine Journal*, 6(1), 34–41. <http://doi.org/10.2174/1874387001206010034>
- Casanueva, E.; Kaufer, M.; Pérez, A.; Arroyo, P. (2001). *Nutriología Médica*. 2da.ed. México. Panamericana.
- Cornelli, U. (2011). The Oxidative Stress Balance Measured in Humans with Different Markers, Following a Single Oral Antioxidants Supplementation or a Diet Poor of Antioxidants. *Journal of Cosmetics, Dermatological Sciences and Applications*, 1(3), 64–70. <http://doi.org/10.4236/jcdsa.2011.13011>
- Cornelli, U., Terranova, R., Luca, S., Cornelli, M., & Alberti, a. (2001). Bioavailability and antioxidant activity of some food supplements in men and women using the D-Roms test as a marker of oxidative stress. *The Journal of Nutrition*, 131(12), 3208–3211.
- Coronado, M., Vega y León, S., Gutiérrez, R., Vázquez, M., & Radilla, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana Antioxidants: present perspective for the human health. *Revista Chilena de Nutrición*, 42(7), 206–212.
- De la Cruz, E., Ortega, J., Moreno, M. I., Cañadas, M., & Ruiz-Risueño, J. (2008). Micronutrientes antioxidantes y actividad física: evidencias de las necesidades de ingesta a partir de las nuevas tecnologías de evaluación y estudio del estrés oxidativo en el deporte Antioxidant micronutrients and physical activity: evidences of dieta. *Retos. Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte Y Recreación.*, 2008, 11–14.
- Deminice, R., Trindade, C. S., Degiovanni, G. C., Garlip, M. R., Portari, G. V., Teixeira, M., & Jordao, a. (2010). Oxidative stress biomarkers response to high intensity interval training and relation to performance in competitive swimmers. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 50(3), 356–362.

- Di Meo, S., Iossa, S., & Venditti, P. (2017). Skeletal muscle insulin resistance: role of mitochondria and other ROS sources. *The Journal of Endocrinology*, 233(1), R15–R42. <http://doi.org/10.1530/JOE-16-0598>
- Edeas, M. (2011). Strategies to Target Mitochondria and Oxidative Stress by Antioxidants: Key Points and Perspectives. *Pharmaceutical Research*, 28(11), 2771–2779. <http://doi.org/10.1007/s11095-011-0587-2>
- Fernández, J. M., Da Silva-Grigoletto, B., & Túnez-Fiñana, I. (2009). Estrés oxidativo inducido por ejercicio. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, 2(3), 98–101. [http://doi.org/10.1016/S1888-7546\(14\)70058-9](http://doi.org/10.1016/S1888-7546(14)70058-9)
- Halliwell, B. (2006). Reactive species and antioxidants. Redox biology is a fundamental theme of aerobic life. *Plant Physiology*, 141(2), 312–322. <http://doi.org/10.1104/pp.106.077073>
- Herrlinger, K. A., Chirouzes, D. M., & Ceddia, M. A. (2015). Supplementation with a polyphenolic blend improves post-exercise strength recovery and muscle soreness. *Food and Nutrition Research*, 59, 1–10. <http://doi.org/10.3402/fnr.v59.30034>
- Jówko, E., Długolecka, B., Makaruk, B., & Cieśliński, I. (2015). The effect of green tea extract supplementation on exercise-induced oxidative stress parameters in male sprinters. *European Journal of Nutrition*, 54, 783–791. <http://doi.org/10.1007/s00394-014-0757-1>
- Kesarwani, P., Murali, A. K., Al-Khami, A. a., & Mehrotra, S. (2012). Redox Regulation of T-Cell Function: From Molecular Mechanisms to Significance in Human Health and Disease. *Antioxidants & Redox Signaling*, 18(12), 121015060838002. <http://doi.org/10.1089/ars.2011.4073>
- Knez, W. L., Jenkins, D. G., & Coombes, J. S. (2014). The effect of an increased training volume on oxidative stress. *International Journal of Sports Medicine*, 35(1), 8–13. <http://doi.org/10.1055/s-0033-1333746>
- Lafay, S., Jan, C., Nardon, K., Lemaire, B., Ibarra, A., Roller, M., ... Cara, L. (2009). Grape extract improves antioxidant status and physical performance in elite male athletes. *Blood*, (December 2008), 468–480.
- Lichtenberg, D., & Pinchuk, I. (2015). Oxidative stress, the term and the concept. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 461(3), 441–444. <http://doi.org/10.1016/j.bbrc.2015.04.062>
- Martínez-Cruz, N. D. S., Arévalo-Niño, K., Verde-Star, M. J., Morales, C. R. M., Oranday-Cárdenas, A., Adriana Núñez-González, M., & Eufemia Morales-Rubio, M. (2011). Antocianinas y actividad anti radicales libres de rubus adenotrichus Schltdl (zarzamora). *Revista Mexicana de Ciencias Farmaceuticas*, 42(4), 66–71.
- Martinović, J., Dopsaj, V., Kotur-Stevuljević, J., Dopsaj, M., Vujović, A., Stefanović, A., & Nešić, G. (2011). Oxidative stress biomarker monitoring in elite women volleyball athletes during a 6-week training period. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 25(May), 1360–1367.
- McAnulty, L. S., Nieman, D. C., Dumke, C. L., Shooter, L. a., Henson, D. a., Utter, A. C., ... McAnulty, S. R. (2011). Effect of blueberry ingestion on natural killer cell counts, oxidative stress, and inflammation prior to and after 2.5 h of running. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 36(November 2011), 976–984. <http://doi.org/10.1139/h11-120>
- McAnulty, S. R., McAnulty, L. S., Nieman, D. C., Dumke, C. L., Morrow, J. D., Utter, A. C., ... George, G. L. (2004). Consumption of blueberry polyphenols reduces exercise-induced oxidative stress compared to vitamin C. *Nutrition Research*, 24(3), 209–221. <http://doi.org/10.1016/j.nutres.2003.10.003>
- Molinero, O., Salguero, A., & Márquez, S. (2012). Estrés-recuperación en deportistas y su relación con los estados de ánimo y las estrategias de afrontamiento. *Revista de Psicología Del Deporte*, 21, 163–170.
- Montero, F. J., Peinado, P. J., Ortega, a, & Gross, M. (2006). Control biológico del entrenamiento de resistencia. *Revista Internacional de Ciencias Del Deporte*, 11, 65–87.
- Muñoz, D., Olcina, G., Timón, R., Brazo, J., Robles, M., & Maynar, M. (2010). Ejercicio físico y estrés oxidativo. *Revista Española de Educación Física Y Deportes*, 14, 93–107.
- Nieman, D. C., Burke, L. M., Stear, S. J., & Castell, L. M. (2011). A-Z of nutritional supplements: dietary supplements, sports nutrition foods and ergogenic aids for health and performance: part 24. *British Journal of Sports Medicine*, 45, 1005–1007. <http://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091722>
- Nieman, D. C., Gillitt, N. D., Knab, A. M., Shanely, R. A., Pappan, K. L., Jin, F., & Lila, M. A. (2013). Influence of a Polyphenol-Enriched Protein Powder on Exercise-Induced Inflammation and Oxidative Stress in Athletes: A Randomized Trial Using a Metabolomics Approach. *PLoS ONE*, 8(8). <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0072215>
- Olmedilla, A., Andreu, M. D., Ortín, F. J., & Blas, A. (2009). Ansiedad competitiva, percepción de éxito y lesiones: Un estudio en futbolistas. *Revista Internacional de Medicina Y Ciencias de La Actividad Física Y Del Deporte*, 9(33), 51–66.
- Olmedilla, A., & Blas, A. (2010). Lesiones y estrés em jugadores de balonmano de alto nivel. *Revista Brasileira de ...*, 3, 17–32. Retrieved from http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?pid=S1981-91452010000200003&script=sci_arttext&tlng=en
- Pingitore, a., Pereira Lima, G. P., Mastorci, F., Quinones, a., Iervasi, G., & Vassalle, C. (2015). Exercise and Oxidative Stress: Potential Effects of Antioxidant Dietary Strategies in Sports. *Nutrition*. <http://doi.org/10.1016/j.nut.2015.02.005>
- Powers, S. K., Morton, A. B., Ahn, B., & Smuder, A. J. (2016). Redox control of skeletal muscle atrophy. *Free Radical Biology and Medicine*, 98, 208–217. <http://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2016.02.021>
- Powers, S. K., Radak, Z., & Ji, L. L. (2016). Exercise-induced oxidative stress: past, present and future. *The Journal of Physiology*, 594(18), 5081–5092. <http://doi.org/10.1113/JP270646>
- Radak, Z., Ishihara, K., Tekus, E., Varga, C., Posa, A., Balogh, L., ... Koltai, E. (2017). Exercise, oxidants, and antioxidants change the shape of the bell-shaped hormesis curve. *Redox Biology*, 12(December 2016), 285–290. <http://doi.org/10.1016/j.redox.2017.02.015>
- Radak, Z., Suzuki, K., Higuchi, M., Balogh, L., Boldogh, I., & Koltai, E. (2016). Physical exercise, reactive oxygen species and neuroprotection. *Free Radical Biology and Medicine*, 98, 187–196. <http://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2016.01.024>
- Radak, Z., Zhao, Z., Koltai, E., Ohno, H., & Atalay, M. (2012). Oxygen Consumption and Usage During Physical Exercise: The Balance Between Oxidative Stress and ROS-Dependent Adaptive Signaling. *Antioxidants & Redox Signaling*, 18(10), 120916094910002. <http://doi.org/10.1089/ars.2011.4498>
- Rodrigo, J., Rosa, L. D. La, Herrera, B., González, G., López, J., González-Aguilar, G., ... Alvarez Parrilla, E. (2011). Cuantificación de polifenoles y capacidad antioxidante en duraznos comercializados en Ciudad Juárez, México. *Tecnociencia*, 5(2), 67–75.
- Salinas, J. G. (2007). Función de los complementos antioxidantes durante el ejercicio. *Medicina Interna de Mexico*.
- Slattery, K. M. (2012). The role of oxidative , inflammatory and neuroendocrinological systems during exercise stress in athletes By. *University of Technology Sydney*.
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., & Hawkins Byrne, D. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6–7), 669–675.

<http://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.01.003>

- Ushio-Fukai, M. (2009). Compartmentalization of redox signaling through NADPH oxidase-derived ROS. *Antioxidants & Redox Signaling*, *11*(6), 1289–1299. <http://doi.org/10.1089/ars.2008.2333>
- Venditti, P., Gomez-Cabrera, M. C., Zhang, Y., & Radak, Z. (2015). Oxidant antioxidants and adaptive responses to exercise. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, *2015*, 2–4. <http://doi.org/10.1155/2015/290190>
- Wiecek, M., Maciejczyk, M., Szymura, J., Szygula, Z., & Kantorowicz, M. (2015). Changes in Non-Enzymatic Antioxidants in the Blood Following Anaerobic Exercise in Men and Women. *Plos One*, *10*(11), e0143499. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0143499>
- Zalavras, A., Fatouros, I. G., Deli, C. K., Draganidis, D., Theodorou, A. A., Soulas, D., ... Jamurtas, A. Z. (2015). *Age-Related Responses in Circulating Markers of Redox Status in Healthy Adolescents and Adults during the Course of a Training Macrocycle*, 2015.