

Dieta afro-bahiana, estrés oxidativo y ejercicio físico

Afro-bahian diet, stress and exercise

Mírian Rocha VÁZQUEZ¹
Ramon dos Santos EL-BACHÁ²
Concepción Ávila ORDÁS³
Emile Barreto RIBEIRO⁴
José Gerardo Villa VICENTE³
Luiz Erlon Araújo RODRIGUES⁵

RESUMEN

Objetivo

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la dieta afro-bahiana sobre el estrés oxidativo inducido por el ejercicio físico extenuante en 17 individuos jóvenes y saludables.

Métodos

La dieta afro-bahiana se compone principalmente de carne roja, aceite de palma, zumo de frutas, raíces, harina de mandioca y cereales. El control alimenticio se extendió por 4 meses. Antes del control alimenticio, se retiraron muestras de sangre en estado basal y cinco minutos después de un ejercicio físico extenuante en tapiz rodante. El mismo procedimiento fue seguido después del control alimenticio. Para analizar el efecto de la dieta y del ejercicio físico extenuante se compararon los indicadores antioxidantes, catalasa y superóxido dismutasa y el estrés oxidativo por la peroxidación lipídica, determinada por el análisis del malonaldeído en eritrocitos.

Resultados

Los resultados muestran que la dieta, en condición de reposo, no influyó significativamente el estatus antioxidante de las enzimas catalasa y superóxido dismutasa ni la concentración de análisis del malonaldeído. Se observa, no obstante, que después de un ejercicio físico extenuante, la actividad de la catalasa, tanto con dieta libre como después de la dieta afro-bahiana, aumentó de forma significativa ($p < 0,05$) en 19,49 y 11,74%, respectivamente. La actividad del superóxido dismutasa y concentración de análisis del malonaldeído no se alteraron. La actividad de la catalasa después del ejercicio físico extenuante fue significativamente menor ($p < 0,05$) después de la dieta afro-bahiana (26,11%).

¹ Departamento de Ciências da Vida, Universidade do Estado da Bahia. Rua Silveira Martins, s/n, Cabula, 41195-001, Salvador, BA, Brasil. Correspondência para/Correspondence to: M.R. VÁZQUEZ

² Laboratório de Neuroquímica e Biologia Celular, Instituto de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA, Brasil.

³ Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Universidad de León. Campus de Veganzana, León, España.

⁴ Faculdade de Medicina, Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA, Brasil.

⁵ Laboratório de Pesquisas Básicas, Escola Baiana de Medicina e Saúde Pública. Salvador, BA, Brasil.

Conclusiones

Estos datos sugieren la presencia de antioxidantes en la dieta afro-bahiana capaces de interferir en el aumento de la actividad de la catalasa inducida por el ejercicio físico extenuante.

Términos de indexación: dieta; ejercicio; estrés oxidativo.

ABSTRACT

Objective

The aim of this study was to observe the protective role of a diet based on the culinary culture of Bahia State against an oxidative stress induced by strenuous exercise in 17 young and healthy individuals.

Methods

Meat, palm oil, fruit juices, roots, manioc flour and cereals are the main constituents of this diet. Dietary control had a span of four months. Before the dietetic regime started blood samples were collected from each individual both at rest and also five minutes after a bout of strenuous exercise. Samples were collected again both at rest and after the bout of strenuous exercise at the end of the dietary intervention.

Results

The oxidative status was assessed measuring catalase and superoxide dismutase activities in erythrocytes, and lipid peroxidation in membranes of these cells. These parameters were not affected by the diet when at rest. The strenuous exercise did not interfere with superoxide dismutase activities and lipid peroxidation before and after the dietary intervention. However, strenuous exercise induced an increase in catalase activities before and after the dietary regime (19.49 and 11.74% respectively). Moreover, this effect was significantly ($p < 0,05$) less pronounced (26.11%) as a result of the diet.

Conclusion

These data suggest that antioxidants present in the Bahia State diet can down-regulate the increase in catalase activity induced by strenuous exercise.

Indexing terms: diet; oxidative stress; exercise.

INTRODUCCIÓN

El interés por el estrés oxidativo y las sustancias antioxidantes se ha intensificado últimamente, no sólo por su posible relación con el rendimiento deportivo, sino también por la posible relación etiológica con diversas patologías cardiovasculares, cáncer, artritis y otras^{1,2}.

El estrés oxidativo ocurre, entre otras causas, cuando el sistema antioxidante no es capaz de neutralizar la acción de los radicales libres, bien sea por deficiencia del sistema antioxidante o por producción excesiva de radicales libres³. Se ha observado que el ejercicio físico extenuante produce en los organismos estrés oxidativo, considerado, hoy día, uno de los mayores responsables de agresión a los tejidos^{1,3}. Toda actividad física intensa provoca un estado de estrés oxidativo en diferentes tejidos corporales

que afectan, no sólo células musculares esqueléticas y hepáticas, como también, los eritrocitos, entre otras^{2,4}.

Cuando un sistema biológico se expone a la acción de radicales libres de oxígeno puede sufrir alteraciones moleculares. Las consecuencias observadas más frecuentes son mutaciones y aberraciones cromosómicas y modificaciones de compuestos químicos celulares (peroxidación lipídica, oxidación de proteínas y despolimerización de polisacáridos), que pueden provocar alteraciones estructurales y metabólicas variadas^{1-3,5,6}. El organismo desarrolla mecanismos de defensa antioxidantes constituidos por enzimas como la catalasa, el superóxido dismutasa y la glutatión peroxidasa, que forman parte de los conocidos antioxidantes endógenos, entre los cuales se incluyen moléculas de ácido úrico,

ferritina, transferrina, lactoferrina, ceruloplasmina y albúmina y el grupo de proteínas conocidas como metalotioneínas⁷.

El mecanismo de defensa antioxidante dispone también de medios complementarios exógenos, ya sean de naturaleza vitamínica (β -caroteno, α -tocoferol y ácido ascórbico) o mineral (cinc, selenio y cobre) o bien, ácidos sulfurados y sustancias bioflavonoides existentes en los alimentos, sobre todo, los de origen vegetal (frutas, hortalizas, cereales y leguminosas)⁸. El hecho de que los antioxidantes exógenos son miembros de un grupo de sustancias químicas heterogéneas existentes en los alimentos, no permite considerarlos aisladamente, sino en conjunto con la alimentación. La alimentación de una población varía en función del hábito alimenticio de cada comunidad, principalmente, por la cultura, religión y disponibilidad de alimentos. La intervención metódica y ordenada en la alimentación, con el objetivo de preservar la salud, se denomina dieta.

Existen pocos trabajos que relacionan de forma directa la dieta con el estrés oxidativo, pero muchos la relacionan con el cáncer, enfermedades cardiovasculares y otras, consideradas como inducidas por el estrés oxidativo y que, sin duda, contribuyen para reducir la calidad y la expectativa de vida⁹⁻¹¹. En la década del 60, se atribuyó al tipo de alimentación (*Dieta mediterránea*) la salud y longevidad de la población de la isla de Creta y de algunas regiones de Grecia y sur de Italia¹². Estudios actuales, han considerado la dieta mediterránea como de probado efecto antioxidante, atribuido al consumo de vino tinto, lípidos monoinsaturados (aceite de oliva) y al escaso consumo de carnes rojas¹³. Al contrario de la dieta mediterránea, la alimentación consumida por la población de la región del *reconcavo baiano* del estado de Bahia, Brasil, se caracteriza por el consumo elevado de carne roja y aceite de palma, considerados pró-oxidantes. Además, la alimentación afro-bahiana es el resultado de la mezcla secular de las culturas indígena, portuguesa y africana, lo que ha suscitado el interés de muchos expertos.

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la dieta afro-bahiana (DAB) sobre el estrés oxidativo inducido por el ejercicio físico extenuante (EFE) en 17 individuos jóvenes y saludables.

MÉTODOS

Para realizar este estudio, se seleccionaron 17 individuos de sexo masculino, en estado óptimo de salud, no fumadores, no alcohólicos y no sedentarios. Los sujetos eran estudiantes con edad comprendida entre 18 y 25 años, pertenecientes al primer año de la Academia de Policía Militar de Bahía, residentes en sistema de internado. Una vez firmada la carta de autorización para el trabajo y de ser aprobado éste por el Consejo de Ética de la Escuela Bahiana de Medicina y Salud Pública, los sujetos se sometieron a análisis clínicos y a un test de ergo-espirometría, de acuerdo con el protocolo de Bruce (tapiz rodante), para determinar el $VO_{2\text{máx}}$. El control cardiovascular durante el esfuerzo se monitoreó mediante un electrocardiograma de 12 canales (Quinton) de la Unidad de Cardiología del Hospital Universitario Prof. Edgar Santos, de la Universidad Federal de Bahía.

Antes de comenzar el programa alimenticio, los sujetos realizaron un test de esfuerzo máximo en tapiz rodante hasta la condición exhaustiva; a partir de ahí se determinó la intensidad en la cual los sujetos se encontraban, al 75% de su consumo máximo de oxígeno. Determinada la intensidad, realizaron un test de EFE hasta el agotamiento. Se recogieron muestras de sangre de la vena antecubital antes y diez minutos después del ejercicio para medir las actividades de la catalasa (CAT), superóxido dismutasa (SOD) y la concentración de malonaldeído (MDA). Los sujetos no tomaron bebidas alcohólicas y ningún otro tipo de droga una semana antes de los tests.

El control de alimentación se realizó durante cuatro meses seguidos; al final de ese

período, los sujetos se sometieron de nuevo al EFE hasta el agotamiento. De nuevo, se recogieron muestras de sangre.

El estrés oxidativo se evaluó por la concentración de MDA y de las actividades de SOD y CAT.

Inicialmente fueron seleccionados 48 sujetos voluntarios por residir y se alimentar en las dependencias de la Academia, y mantener la condición de sujetos no sedentarios (deporte reglado máximo una vez a la semana en sesión menor de 30 minutos). Se realizó una encuesta de hábitos de vida (horas de sueño, práctica de actividad física, consumo de drogas, medicamentos y alcohol), datos clínicos (hipertensión, diabetes, dislipidemia, parasitosis) y nutricionales (horario y fraccionamiento habitual de las comidas, preferencias y aversiones alimentarias). Se consideró como criterio de exclusión: horas de sueño diarias (inferior a 6 horas), sobrepeso (calculado por el índice de masa corporal - IMC (kg/cm^2), ($19 \leq \text{IMC} \leq 24$), práctica regular de ejercicios físicos, ingerimiento de drogas, medicamentos y alcohol, y la presencia de cualquier enfermedad relacionada con los datos clínicos. También se excluyeron aquellos individuos que no aceptaron de buen agrado realizar los experimentos. Después de la primera selección quedaron 32 individuos. Se realizaron análisis clínicos (tensión arterial, frecuencia cardiaca), análisis bioquímicos (glicemia, colesterol total y fracciones, ácido úrico), sumario de orina y parasitológico de heces antes y después del control alimentario (criterio de exclusión). Apenas 17 individuos finalizaron el estudio.

Valoración nutricional

Antes de iniciar la DAB, los sujetos se sometieron a una evaluación nutricional para detectar deficiencias, corregir y ajustar las necesidades nutricionales individuales por medio de ingesta dietética. La evaluación nutricional incluyó: Anamnesia de alimentos ingeridos, datos bioquímicos, exámenes y antecedentes médicos

y familiares, datos antropométricos y psicosociales. Para evaluar la cantidad de alimentos ingeridos, una semana antes del control alimentario, se utilizó el método de resto-ingesta¹⁴. La necesidad energética total, así como el consumo diario de vitaminas y minerales, se calcularon de acuerdo con la *Recommended Dietary Allowances (RDA) de la Food and Nutrition Board Nacional Research Council*¹⁵. Para calcular la ingesta diaria de proteínas, lípidos, carbohidratos y fibras se utilizaron las recomendaciones de la *Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição (SBAN)*¹⁶. Para cuantificar el consumo alimenticio diario se utilizaron recipientes graduados y adaptados a medidas caseras¹⁷. Se aseguró la ingesta de la ración administrada antes y durante el control alimentar, mediante el método de resto-ingesta. Se comparó de forma directa la ingesta de energía y nutrientes con las recomendaciones de la RDA y SBAN.

Todos los individuos fueron previamente adiestrados sobre el método de control nutricional y en el comportamiento alimenticio que se adoptaría durante los cuatro meses que duraría la ingestión del patrón dietético. Se hicieron los ajustes necesarios a los menús diarios; se instruyeron a los empleados del restaurante-comedor para preparar y administrar con rigor las raciones correspondientes a los sujetos del estudio; se establecieron los patrones y las graduaciones de los utensilios para la distribución de las raciones de alimentos (vasos y tazas graduadas) para así definir la cantidad y la medida a administrarse. Se separó la distribución de las comidas (comedor reservado para los individuos con dieta) lo que posibilitó una supervisión eficaz. Se aseguró la cantidad ingerida de la ración administrada, pesando los restos de comida, cáscaras y huesos que quedaban en el plato, mediante el método de resto-ingesta.

La evaluación del consumo diario medio de los nutrientes se realizó con el *software virtual nutri*¹⁸ versión 1 y las Tablas de composición química de los alimentos¹⁹.

Menús básicos de la dieta afro-bahiana

- *Desayuno*: café; leche integral; azúcar; pan; galletas; mantequilla; queso; frutas (consumidas diariamente); camote, *aipim*; *inhame* (1 vez por semana).

- *Almuerzo*: ensalada cruda o cocida; arroz pulido o masas; alubias; harina de mandioca; zumo de frutas con azúcar (consumidos diariamente); carne roja (4 veces por semana); pollo (2 veces por semana); pescado (1 vez por semana).

- *Postres*: frutas (5 veces por semana); dulces (2 veces por semana)

- *Cena*: sopa con masas y hortalizas; arroz, legumbres; café, leche, azúcar (consumidos diariamente); carne roja (4 veces por semana); pollo (2 veces por semana); pescados (1 vez por semana).

- *Comida típica bahiana* (1 vez por semana): Carurú; vatapá, xinxin de gallina, *moqueca* de pescados, *frigideira*, *acarajé*, *abará*, cocada.

Prueba de esfuerzo

Antes de comenzar la prueba (5min) se obtuvieron 15ml de sangre. La prueba fue realizada en una estera rodante con el tapiz en posición horizontal; se inició a una velocidad de 6km/h; la velocidad fue aumentándose a un promedio de 1km/h por minuto, hasta que el sujeto alcanzase 80% del $FC_{m\acute{a}x}$. En ese momento se puso en marcha el cronómetro y se mantuvo la velocidad constante hasta el agotamiento, determinado por dolor muscular o articular o por fatiga para continuar el ejercicio, lo que normalmente llegaba con aumento de la frecuencia cardiaca. Después de una recuperación a 6km/h durante 5min y descanso de otros 5min, se obtuvieron más 15ml de sangre. Los sujetos pudieron tomar agua durante la prueba.

Método para cuantificar la actividad del superóxido dismutasa: La extracción de la SOD se realizó mediante la hemólisis de los eritrocitos lavados en tres tiempos con solución al 0,9% de

NaCl. A partir de la fase acuosa, se cuantificaron las proteínas por el método de Lowry et al.²⁰. El análisis de la SOD en los eritrocitos se realizó por el método indirecto con xantina y xantina oxidasa (SIGMA®), como sistema productor del radical libre $-O_2$. La actividad de la SOD se calculó mediante la inhibición de la velocidad de formación del radical superóxido que reduce el citocromo C (SIGMA®), una vez que la SOD compite por los radicales superóxidos. La reacción se midió espectrofotométricamente a 550nm²¹.

Método para cuantificar la actividad de la catalasa: El hemolizado se preparó con aproximadamente 5g de Hb por 100ml; el contenido de hemoglobina se determinó por duplicado (Abelson & Simon 1984²⁰).

Método para determinar la peroxidación lipídica: La peroxidación lipídica se determinó en eritrocitos humanos por el malonaldehído, a partir de la reacción con el ácido tiobarbitúrico²². Las proteínas se determinaron por el método de Lowry et al.²⁰. El cálculo se realizó con la ecuación²³:

$$Y = 1,56 \times 105 M^{-1}cm^{-1}$$

donde

y = mMol/mg proteína

El resultado es expresado en nM/mg proteína

Para analizar las diferencias de las variables antes y después de la dieta y antes y después del ejercicio se utilizó el test no paramétrico de *Wilcoxon* para muestras apareadas. El análisis estadístico se ha realizado mediante el programa estadístico *Statistic-v 4.5* para *Windows*.

RESULTADOS

Características de las dietas

La Tabla 1 muestra el aporte medio semanal de los alimentos consumidos antes del control alimenticio, dieta libre (DL), y dieta afro-bahiana (DAB). En ella, puede observarse claramente que hubo un aumento significativo del consumo de cereales, hortalizas, frutas y zumos

de frutas. Al mismo tiempo, se observa una disminución del consumo de carnes, aceite de soya y la suspensión total de refrescos, frituras y embutidos, después del control alimenticio. La Tabla 2 muestra una disminución significativa ($p < 0,05$) de carbohidratos simples (37,14%) de proteínas de alto y bajo valor biológico (21,04% y 39,27%, respectivamente), lípidos saturados (32,56%) y colesterol exógeno (37,14%). También se puede observar que hubo un aumento significativo ($p < 0,05$) de fibras alimenticias (27,93%), de ácido ascórbico (12,91%), calcio y magnesio, después de la DAB.

Indicadores de estrés oxidativo

Influencia de la dieta sobre la actividad de la CAT y SOD

El gráfico de la Figura 1 contrasta la influencia del EFE antes y después de la DAB,

sobre la actividad de la enzima antioxidante CAT. Antes del control alimentario, dieta libre (DL), se observó una elevación significativa ($p < 0,05$) de 19,46% de actividad de la CAT. Después de 4 meses consecutivos de control alimenticio (DAB) y sometidos de nuevo al EFE con el mismo protocolo, la actividad de la CAT incrementó también de forma significativa ($p < 0,05$) pero en 11,47%. Eso significa que el EFE induce a un aumento de la actividad catalasica independientemente de la dieta. Pero cuando se compara el aumento de la actividad catalasica inducida por el EFE, entre antes y después de la DAB, se observa una disminución significativa ($p < 0,05$) de 26,12%. Esto induce a pensar que la actividad de la CAT es un indicador adecuado de estrés oxidativo y que la DAB protege la enzima contra la elevación de su actividad inducida por el EFE. En el gráfico de la Figura 2 se constata que el EFE y la DAB no ejercieron influencia significativa con relación a la actividad de la SOD.

Tabla 1. Aporte semanal de alimentos durante el consumo de las dietas libre (DL) y afro-bahiana (DAB). Salvador, BA, 2002.

| Discriminación | Cantidad | | | | %Δ | p |
|-------------------------|-------------|--------|--------------------|---------|-----|-----|
| | Dieta libre | | Dieta afro-bahiana | | | |
| | M | DP | M | DP | | |
| Leguminosas cocidas (g) | 1704,15 | 106,89 | 2478,42 | 61,369 | 46 | ** |
| Leche integral (mL) | 841,47 | 66,92 | 1050,56 | 127,120 | 25 | * |
| Queso (g) | 99,82 | 12,88 | 162,82 | 2,450 | 63 | * |
| Cereales (g) | 1813,84 | 106,75 | 2584,26 | 4,830 | 42 | ** |
| Carne bovina (g) | 1068,16 | 55,48 | 581,96 | 25,280 | -46 | * |
| Pollo (g) | 481,82 | 0,60 | 256,20 | 28,620 | -47 | * |
| Pescado (g) | 261,12 | 0,17 | 155,04 | 4,030 | -41 | * |
| Huevos (g) | 140,80 | 19,02 | 142,00 | 1,700 | 1 | ns |
| Hortalizas (g) | 357,80 | 152,96 | 923,86 | 69,020 | 158 | ** |
| Frutas (g) | 931,56 | 116,55 | 2744,00 | 67,830 | 195 | *** |
| Harina de mandioca (g) | 322,00 | 15,12 | 273,28 | 2,100 | -15 | ns |
| Azúcar y dulces (g) | 280,77 | 22,61 | 288,47 | 22,400 | 3 | ns |
| Zumos (ml) | 1129,56 | 38,32 | 4256,49 | 54,1800 | 277 | ns |
| Refrescos (ml) | 918,96 | 71,58 | 0,00 | 0,000 | | |
| Aceite de oliva (ml) | 45,29 | 3,36 | 52,02 | 46,040 | 15 | ns |
| Aceite de palma (ml) | 23,45 | 0,98 | 22,03 | 6,810 | -6 | ns |
| Aceite de soya (ml) | 146,86 | 40,18 | 73,92 | 9,180 | -50 | * |
| Frituras (g) | 735,00 | 23,17 | 0,00 | 0,000 | | |
| Embutidos (g) | 87,90 | 0,50 | 0,00 | 0,000 | | |
| Mantequilla (g) | 72,24 | 15,47 | 84,21 | 4,970 | 17 | ns |
| Leche de coco (ml) | 78,45 | 3,35 | 75,70 | 3,100 | -4 | ns |
| Ají malagueta (g) | 41,09 | 34,86 | 45,15 | 0,910 | 10 | ns |

Nota: Valor medio error estándar; n: frecuencia semanal; %Δ: variación en porcentaje; p: niveles de significación estadística entre las diferencias; *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$; ns: no significativa.

Tabla 2. Aporte medio diario de energía, nutrientes y fibras durante el consumo de las dietas libre (DL) y afro-bahiana (DAB). Salvador, BA, 2002.

| Nutrientes | DL | | DAB | | %Δ | |
|--|---------|--------|---------|--------|--------|----|
| | M | DP | M | DP | M | DP |
| Energía (kcal) | 3333,12 | 960,46 | 2937,02 | 642,35 | -11,88 | ns |
| Carbohidratos simples (g) | 100,20 | 18,96 | 62,90 | 12,67 | -37,22 | * |
| Carbohidratos complejos (g) | 406,32 | 79,34 | 352,45 | 71,60 | -13,25 | ns |
| Proteínas bajo valor biol. (g) | 40,86 | 7,87 | 32,26 | 6,34 | -21,04 | * |
| Proteínas alto valor biol. (g) | 67,46 | 13,02 | 40,66 | 8,24 | -39,27 | * |
| Lípidos saturados (g) | 48,67 | 13,87 | 32,82 | 6,97 | -32,56 | * |
| Lípidos poliinsaturados (g) | 25,92 | 7,47 | 25,85 | 7,93 | -0,27 | ns |
| Lípidos monoinsaturados (g) | 18,17 | 5,35 | 32,25 | 6,98 | 77,44 | ** |
| Colesterol (mg) | 471,00 | 30,02 | 296,03 | 30,20 | -37,14 | * |
| Fibra alimentaria (g) | 14,32 | 5,23 | 18,32 | 3,70 | 27,93 | * |
| Ácido ascórbico (C) (mg) | 186,06 | 12,74 | 210,09 | 45,16 | 12,91 | * |
| Retinol (A) (μg) | 1066,00 | 660,77 | 987,39 | 20,14 | -7,41 | ns |
| α-tocoferol (E) (mg) | 18,27 | 6,54 | 17,27 | 4,47 | -5,47 | ns |
| Tiamina (B ₁) (mg) | 2,48 | 0,30 | 2,48 | 0,30 | 0 | ns |
| Riboflavina (B ₂) (mg) | 2,51 | 0,28 | 2,61 | 0,23 | 3,98 | ns |
| Vitamina B ₆ (piridoxina) (mg) | 2,69 | 0,22 | 2,73 | 0,19 | 1,48 | ns |
| Vitamina B ₁₂ (cobalamina) (μg) | 8,36 | 0,86 | 8,07 | 0,51 | -3,46 | ns |
| Niacina (B ₃) (mg) | 37,20 | 4,54 | 35,20 | 3,16 | -5,37 | ns |
| Folato (B ₉) (μg) | 269,88 | 28,19 | 262,39 | 25,89 | -2,77 | ns |
| Calcio (mg) | 942,45 | 184,72 | 1371,79 | 38,69 | 45,55 | * |
| Magnesio (mg) | 259,85 | 39,23 | 399,34 | 25,08 | 53,68 | * |
| Cinc(mg) | 17,55 | 2,74 | 18,27 | 0,67 | 4,10 | ns |
| Hierro (mg) | 21,11 | 2,54 | 20,00 | 1,94 | -5,25 | ns |
| Selenio (μg) | 114,26 | 36,54 | 107,32 | 26,97 | -6,07 | ns |

Nota: Valor medio error estándar; n= frecuencia semanal; %Δ= variación en porcentaje; p= niveles de significación estadística entre las diferencias: * = p<0,05; ** = p<0,01; *** = p<0,001; ns= no significativa.

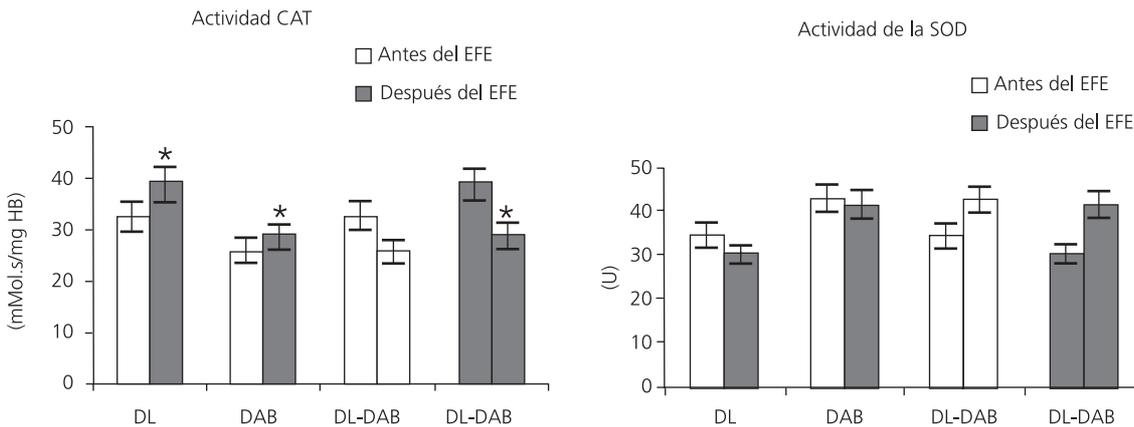


Figura 1. Modificaciones en la actividad de la Catalasa (CAT) en eritrocitos humanos en consecuencia de un ejercicio físico extenuante (EFE) antes y después de las dietas libre (DL) y afro-bahiana (DAB). Salvador, BA, 2002.

Nota: Valores medios, error estándar; p= nivel de significación: * = p<0,05.

Figura 2. Modificaciones en la actividad del superóxido dismutasa (SOD), en eritrocitos humanos en consecuencia de un ejercicio físico extenuante (EFE) antes y después de las dietas libre (DL) y afro-bahiana (DAB). Salvador, BA, 2002.

Nota: Valores medios, error estándar; p= nivel de significación: * = p<0,05.

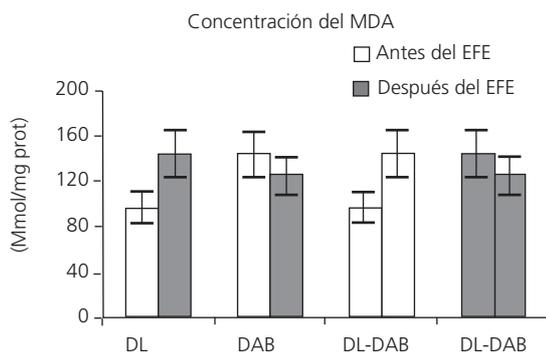


Figura 3. Modificaciones en la concentración del malonaldehído (MDA) en eritrocitos humanos en consecuencia de un ejercicio físico extenuante (EFE) antes y después de las dietas libre (DL) y afro-bahiana (DAB). Salvador, BA, 2002.

Nota: Valor medio, error estándar. p = nivel de significación: *= $p < 0,05$.

Influencia de la dieta sobre la concentración de MDA

Comparando las concentraciones entre antes y después de la dieta (DL-DAB, Figura 3) no se observa ninguna variación significativa inducida por el EFE sobre la concentración de MDA; no obstante, se encuentra una reducción de 14,13% después de la DAB.

DISCUSIÓN

Varios estudios demuestran que diez de las principales causas de muerte en los países desarrollados están determinadas, en gran parte, por factores de comportamiento, y la alimentación es uno de los más importantes²⁴. La DAB, atiende, supuestamente, los requisitos de una dieta adecuada, es decir, aporta la cantidad de energía y nutrientes biodisponibles que un individuo debe ingerir para satisfacer todas sus necesidades fisiológicas.

La Tabla 1 muestra el consumo medio semanal de alimentos durante las dietas libre (DL) y afro-bahiana (DAB). Estos valores fueron ajustados para atender las recomendaciones nutricionales adoptadas por la *Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição*. Las principales

alteraciones realizadas (Tabla 1) fueron: reducción significativa ($p < 0,05$) de la ingestión de carne bovina (46,00%) y exclusión de refrescos, frituras y alimentos embutidos. Al mismo tiempo, se aumentó ($p < 0,05$) la ingestión de hortalizas en 32,22%, la de frutas ($p < 0,001$) en 195%, la de zumos de frutas ($p < 0,001$) en 277,00% y la de leche ($p < 0,05$) en 25,00%. Cabe observar que con esos ajustes se alteró el aporte de algunos nutrientes (Tabla 2). Hubo reducción significativa ($p < 0,05$) de carbonatos simples, por la exclusión de refrescos (37,22%) y de proteínas de alto valor biológico (39,00%), lípidos saturados (32,00%) y colesterol (37,14%), por la reducción de carne bovina y exclusión de embutidos. Se incrementó ($p < 0,05$) la ingestión de fibras en 27,93% y de vitamina C en 12,00%, debido al consumo de frutas, zumos y hortalizas. El aumento ($p < 0,05$) del calcio en 45,55% se debe al aumento del consumo de leche.

El papel de la dieta sobre el efecto deletéreo de los radicales libres varía considerablemente para cada organismo evaluado. Los principales factores de influencia son la edad, el estado fisiológico y la alimentación. La toxicidad del oxígeno es influenciada por las vitaminas A, C, E, carotenoides, polifenoles, selenio, cinc, hierro, ácidos grasos poliinsaturados²⁵. Con la DAB se incrementó el consumo de vitamina C y, aunque no cuantificado, el de polifenoles en función del aumento del consumo de frutas y hortalizas, benéficas fuentes de esas sustancias. No es sorprendente esperar que la DAB, equilibrada y saludable, con abundantes sustancias antioxidantes, reduzca la tasa de lesiones oxidativas in vivo.

Influencia de la DAB sobre la actividad de las enzimas antioxidantes CAT y SOD

De acuerdo con la Figura 1, la DAB jugó un papel protector, o al menos reductor, del estrés oxidativo inducido por el EFE. La disminución de actividad de la CAT, después de la DAB, ante un

EFE, puede ser atribuida al aumento de la participación de hortalizas, frutas y zumos de frutas, además de otros componentes en la dieta. La DAB aporta al mismo tiempo antioxidantes de naturaleza vitamínica, mineral y flavonoides que, de forma interactiva, pueden aumentar la capacidad antioxidante del organismo y reducir la actividad de la CAT, a efectos del ejercicio, una vez que las enzimas aumentan o disminuyen la actividad en función de las necesidades momentáneas en consonancia con el estado fisiológico.

Los eritrocitos son susceptibles a lesiones oxidativas en función del alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados en sus membranas y a las altas concentraciones intracelulares de oxígeno y hemoglobina, que son promotores potenciales de procesos oxidativos. A pesar de todo, los eritrocitos contienen muchas enzimas antioxidantes, tales como la SOD, glutatión peroxidasa y catalasa, además de antioxidantes no enzimáticos como las vitaminas C y E, y el glutatión. La actividad de la catalasa en eritrocitos ha sido empleada como uno de los indicadores del status oxidativo en seres humanos. Fueron encontradas alteraciones en su actividad en función de la dieta y del ejercicio²⁶⁻²⁹. La dieta puede interferir en el estatus oxidativo. En un trabajo²⁶, recientemente publicado, la dieta mediterránea alteró significativamente la actividad de la catalasa en eritrocitos de pacientes sometidos a transplante renal, disminuyéndola después de 6 meses de dieta. El organismo procura adaptarse a los niveles de producción de especies reactivas de oxígeno, buscando contrabalancear este factor con sus mecanismos de defensa antioxidantes. Una dieta puede llevar a una disminución de la actividad de la catalasa si ella provee al organismo moléculas antioxidantes capaces de eliminar radicales superóxido y peróxido de hidrógeno. Al mismo tiempo, algunos suplementos alimentares, como la naringina, flavonóide reductor de los niveles de lípidos plasmáticos, y la vitamina C, pueden llevar a una protección antioxidante por un mecanismo opuesto, elevando la actividad catalásica^{27,28}. Los resultados presentados en este trabajo demuestran que la dieta afro-bahiana por sí sola, no interfiere

en la actividad basal de la catalasa, cuando comparada a los controles.

La actividad catalásica en eritrocitos humanos también ha sido usada para detectar alteraciones del status oxidativo en deportistas²⁸. La catalasa puede sufrir una inactivación parcial como resultado de una oxidación del hierro (Fe IV) presente en su estructura. El ejercicio puede elevar la actividad catalásica y se supone que la producción de radicales superóxido, durante el ejercicio, es el factor responsable por esa elevación. El anión radical superóxido reacciona con el hierro de esa enzima, manteniéndolo en la forma activa de Fe III²⁹. Los resultados presentados en este trabajo evidencian que el ejercicio eleva la actividad catalásica independientemente de la dieta. No obstante, en las personas sometidas a la dieta afro-bahiana el aumento fue significativamente menor que el encontrado para la dieta libre. Estos datos sugieren que algunos factores antioxidantes de la dieta pueden ser responsables por esa respuesta.

En este trabajo la actividad de la SOD se muestra sensible al hábito alimentar (Figura 3). Como la SOD es la enzima responsable por la dismutación del ión superóxido y, ese ión, es importante para iniciar la reacción del estrés oxidativo, podemos pensar que la DAB es más eficiente contra el estrés oxidativo que la dieta DL.

Influencia de la DAB sobre la peroxidación lipídica

De acuerdo con la Figura 3, la concentración de MDA en eritrocitos humanos no se mostró sensible al EFE ni a la DAB. Algunos estudios relacionan el aumento de ingesta de hortalizas, frutas y zumos de frutas a una reducción de la peroxidación lipídica. Wise et al.³⁰ estudiaron los efectos de suplementos de extracto de frutas y vegetales sobre las concentraciones de peroxidación lipídica en 15 individuos durante 4 semanas. Los suplementos incluían vegetales secos, extractos de zanahorias, perejil, remolacha, espinaca, tomates, zumo de frutas, manzanas y

papayas. La concentración de peróxido lipídico en el plasma de los 15 individuos disminuyó de 16,85 para 3,13 μ mol/L en la primera semana y permaneció en este nivel durante las tres semanas restantes del experimento.

CONCLUSIONES

La peroxidación lipídica y las actividades de las enzimas CAT e SOD no sufrieron influencia significativa de la DAB en condiciones de reposo. Con relación al daño oxidativo, sería necesario utilizar indicadores más sensibles y específicos, a nivel eritrocitario, para evidenciar con precisión una posible influencia de la DAB en los mecanismos pro y antioxidantes.

La realización del EFE por los individuos estudiados incrementa la actividad de la CAT sin modificar la de la SOD ni los indicadores de peroxidación lipídica. Después de cuatro meses de DAB, el EFE no indujo una menor concentración de MDA y un comportamiento similar en la actividad de la SOD en eritrocitos. La DAB indujo una menor elevación de la actividad de la CAT, tras el EFE. Este dato sugiere la presencia de compuestos antioxidantes en la DAB que protegen la catalasa contra una elevación de su actividad inducida por el EFE. No obstante, son necesarios más estudios que profundicen estos factores, mecanismos y nutrientes que, aisladamente o en conjunto, influyeran en esta respuesta y adaptación.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al *Laboratorio de Pesquisas Básicas da Escola Bahiana de Medicina e Saúde Pública, Fundação Bahiana para o Desenvolvimento da Ciências*, Salvador, Bahia, donde parte de los experimentos fueron realizados.

REFERÊNCIAS

1. Powers SK, Lennon SL. Analysis of cellular responses to free radicals: focus on exercise and skeletal muscle. *Proc Nutr Soc.* 1999; 58(4):1025-33.
2. Naoum PC. Radicales libres y daños eritrocitarios. *Laes & Haes.* 2001; 22(129):150-72.
3. Subudhi AW, Davis SL, Kipp RW, Askew EW. Antioxidant status and oxidative stress in elite alpine ski racers. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2001; 11(1):32-41.
4. Almar M, Villa JG, Cuevas MJ, Rodríguez-Marroyo JA, Avila C, Gonzalez-Gallego J. Urinary levels of 8-hydroxydeoxyguanosine as a marker of oxidative damage in road cycling. *Free Rad Res.* 2002; 36(3):247-53.
5. Aruoma OI. Sports free radicals and antioxidants. Methodological considerations. *Clin Pharmacol Sport Exerc.* 1997; 7:71-12.
6. Supinski G. Free radical induced respiratory muscle dysfunction. *Mol Cell Biochem.* 1998; 179(1-2): 99-110.
7. Vannucchi H, Moreira EAM, Ferreira da Cunha D, Junqueira Franco MVM, Bernardes MM, Alceu AJ. Papel dos nutrientes na peroxidação lipídica. *Med Rib Preto.* 1998; 31:31-13.
8. Moure A, Cruz JM, Franco D, Dominguez JM, Sinero J, Dominguez H, et al. Natural antioxidants from residual source. *Food Chem.* 2001; 72(2):145-71.
9. Aruoma OI. Free radicals, oxidative stress and antioxidants in human health and disease. *J Amer Oil Chem Soc.* 1998; 75(2):199-12.
10. Lima FEL, Menezes TN, Tavares MP, Szarfarc SC, Fisberg RM. Ácidos graxos e doenças cardiovasculares. *Rev Nutr.* 2000; 13(2):73-80.
11. Andrés M, Cruz JM, Franco D, Manuel JD, Sinero J, Herminia D, et al. Natural antioxidants from residual source. *Food Chem.* 2001; 72(2):145-71.
12. Keys L. Seven countries: La multivariate analysis of death and coronary heart disease. Cambridge Harvard Univ Press; 1980.
13. Neuhaus ML, Kristal AR, Patterson RE, Goodman PJ, Thompson IM. Dietary supplement use in the prostate cancer prevention trial: implications for prevention trials. *Nutr Cancer.* 2001; 39(1):12-20.
14. Mahan LK, Arlin MT, editors. *Krause's Food, nutrition and therapy.* Washington: W. B. Saunders Company; 1998.
15. Food and Nutrition Board, National Research Council. *Recommended dietary allowances.* 10th ed. Washington (DC): National Academy Press; 1989.
16. Vannucchi H, Menezes EW, Campana A, Lajolo FC. Aplicações das recomendações nutricionais adaptadas à população brasileira. *Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição. Cad Nutr.* 1990; 2:155.

17. Pinheiro BV, Lacerda EM, Benzecry EH. Tabela para avaliação do consumo alimentar com medidas caseiras. 4.ed. Rio de Janeiro: Atheneu; 1998.
18. Philippi ST, Szarfarc SC, Latterza AR. Virtual Nutri [programa de computador]. Versão 1.0 for Windows. São Paulo: Departamento de Nutrição, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo; 1996.
19. Philippi ST. Tabela de composição de alimentos: suporte para decisão nutricional. 2.ed. São Paulo: Editora Gráfica Colônario; 2002.
20. Lowry EH, Rosenbrough NJ, Farr LL, Randdall RJ. Protein measurement with Folin phenol reagent. *J Biol Chem.* 1951; 193(1):265-75.
21. Abelson JN; Simon M.I Methods in enzymology. Oxygen radicals and antioxidants. California: Advisory Board; 1984.
22. Colowick SP, Kaplan NE. Methods in enzymology. Oxygen radicals in biological systems. California: Laster Packer; 1984.
23. Miura T, Muraoka S, Taketo O. Antioxidant activity of adrenergic agents derived from catechol. *Biochem Pharmacol.* 1998; 55(12):2001-6.
24. Garcia GY. Factores psicológicos, comportamentales y socio ambientales relacionados con la alimentación. Monografías Médicas [monografía]: Madrid: Universidad de Madrid; 1989; 3:117-9.
25. Southorn PA, Powins G. Free radicals in medicine. *Chem Nat Biol React.* 1988; 63(4):381-89.
26. Stachowska E, Wesolowska T, Olszewska M, Safranow K, Millo B, Domanski L, et al. Elements of Mediterranean diet improve oxidative status in blood of kidney graft recipients. *Br J Nutr.* 2005; 93(3):345-52.
27. Jung UJ, Kim HJ, Lee JS, Lee MK, Kim HO, Park EJ, et al. Naringin supplementation lowers plasma lipids and enhances erythrocyte antioxidant enzyme activities in hypercholesterolemic subjects. *Clin Nutr.* 2003; 22(6):561-8.
28. Tauler P, Aguilo A, Gimeno I, Fuentespina E, Tur JA, Pons A. Influence of vitamin C diet supplementation on endogenous antioxidant defences during exhaustive exercise. *Pflugers Arch.* 2003; 446(6):658-64.
29. Tauler P, Aguil A, Gimeno I, Guix MP, Pons A. Regulation of erythrocyte antioxidant enzyme activities in athletes during competition and short-term recovery. *Pflugers Arch.* 2003; 446(6): 658-64.
30. Wise JA, Morin RJ, Sanderson R, Blum MK. Changes in plasma carotenoid, alpha-tocopherol, and lipid peroxide levels in response to supplementation with concentrated fruit and vegetable extracts: a pilot study. *Curr Ther Res Clin Exp.* 1996; 57(6):445-461.

Recibida el: 9/11/2004
 Versión final re-apresentada el 20/6/2006
 Aprobada el: 18/8/2006

