

Marcadores de daño muscular en deportistas jóvenes de la Federación Deportiva de la Provincia Azuay, Ecuador

► Reina María Macero Méndez^{1a*}, José Mauricio Baculima Tenesaca^{2a}, Ivanna Solmayra Agreda Orellana^{3a}, Jenny Carola Cárdenas Carrera^{4a}

¹ Magister en Bioquímica Clínica.

² Magister en Microbiología, mención Biomédica.

³ Especialista en Microbiología Médica.

⁴ Magister en Gerencia Hospitalaria.

^a Facultad de Ciencias Médicas, Laboratorio Clínico, Campus Paraíso, Universidad de Cuenca, Ecuador.

* Autora para correspondencia.

Resumen

El objetivo del estudio fue identificar la presencia de daño muscular en deportistas de la Provincia de Azuay, Ecuador, a través de la medición de la actividad enzimática. Para esto se realizó una investigación clínica, descriptiva y de corte transversal en 220 deportistas con edades comprendidas entre 14 y 18 años (media 17,3 años), predominantemente del sexo masculino (64,1%), pertenecientes a 11 disciplinas deportivas, a quienes se les determinaron los valores sanguíneos de lactato deshidrogenasa, creatina quinasa y creatina quinasa isoenzima MB. Los principales resultados mostraron, que con un tiempo de práctica deportiva entre uno y tres años (39,1%) y con una frecuencia de entrenamiento de tres veces por semana (54,5%), predominaron los deportistas con valores normales de los marcadores musculares. La natación fue el deporte en el cual se identificó un mayor número de atletas con alteraciones de los valores séricos de creatina quinasa y creatina quinasa isoenzima MB. Se concluye que el sexo femenino, la práctica de actividad física sistemática por un período menor de un año y con una frecuencia de entrenamiento inferior a tres veces por semana fueron las características generales que no provocaron aumento de los valores séricos de los marcadores de daño muscular identificados.

Palabras clave: Actividad física; Daño muscular; Marcadores; Enzimas

Muscle damage markers in young athletes of the Sports Federation of the Azuay Province, Ecuador

Abstract

The objective of the study was to identify the presence of muscle damage in athletes from the Azuay Province, Ecuador, by measuring enzyme activity. To this aim, a clinical, descriptive and cross-sectional investigation was carried out on 220 athletes aged between 14 and 18 years (average 17.3 years), predominantly male (64.1%), belonging to 11 sports disciplines, whose blood values for lactate dehydrogenase, creatine kinase and creatine kinase isoenzyme MB were determined. The main results showed that, with a length of sports practice between one and three years (39.1%) and a training frequency of three times per week (54.5%), athletes with normal values of muscle markers predominated. Swimming was the sport in which a greater number of athletes with alterations in serum creatine kinase and

Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana

Incorporada al Chemical Abstract Service.

Código bibliográfico: ABCLDL.

ISSN 0325-2957 (impresa)

ISSN 1851-6114 (en línea)

ISSN 1852-396X (CD-ROM)

creatine kinase isoenzyme MB values were identified. It is concluded that female sex and the practice of systematic physical activity for a period of less than one year and with a training frequency less than three times a week were the general characteristics that had a negative impact on the serum values of the identified muscle damage markers.

Keywords: *Physical activity; Tissue damage; Markers; Enzymes*

Marcadores de lesión muscular em jovens atletas da Federação de Esportes da Província de Azuay, Equador

Resumo

O objetivo do estudo foi identificar a presença de lesão muscular em atletas da Província de Azuay, Equador, por meio da medição da atividade enzimática. Para isso foi realizada uma pesquisa clínica, descritiva e transversal em 220 atletas com idades entre 14 e 18 anos (média de 17,3 anos), predominantemente do sexo masculino (64,1%), pertencentes a 11 modalidades esportivas cujos valores sanguíneos para lactato desidrogenase, creatina quinase e creatina quinase isoenzima MB foram determinados. Os principais resultados mostraram que com tempo de prática esportiva entre um e três anos (39,1%) e com frequência de três vezes por semana (54,5%), predominaram os atletas com valores normais dos marcadores musculares. A natação foi o esporte em que se identificou maior número de atletas com alterações nos valores séricos de creatina quinase e creatina quinase isoenzima MB. Conclui-se que o sexo feminino, a prática de atividade física sistemática por período inferior a um ano e com frequência de treinamento inferior a três vezes por semana foram as características gerais que não produziram aumento dos valores séricos dos marcadores de lesão muscular identificados.

Palavras-chave: *Atividade física; Lesão muscular; Marcadores; Enzimas*

Introducción

Se considera que el ejercicio físico es una actividad favorable para la salud de los seres humanos (1). Su práctica sistemática permite adaptaciones morfológicas y celulares que generan modificaciones en el metabolismo celular, las cuales favorecen una mejor adaptación a los cambios fisiológicos que se presentan en las distintas etapas de la vida (2). Cuantificar el beneficio del ejercicio físico se torna difícil y depende de varios factores, entre los que se destacan el tiempo de realización, la frecuencia, el tipo y la intensidad del ejercicio (2) (3).

Otro de los beneficios que han sido descritos como secundarios a la práctica sistemática de ejercicios físicos es el relacionado con la prevención de distintas enfermedades como la hipertensión arterial, la obesidad, la diabetes *mellitus* y otras enfermedades osteomioarticulares como la osteoartritis (4) (5). Sin embargo, el ejercicio intenso y no planificado, en personas susceptibles, puede incrementar problemas cardiovasculares, musculares y renales y ha llegado a ser considerado por algunos autores como un factor de riesgo de muerte súbita (6) (7).

En el caso de las personas que realizan actividad física es importante que exista una asesoría por parte de personal especializado que pueda acomodar las cargas en relación al ciclo competitivo; además, se debe hacer un seguimiento médico preventivo para identificar po-

sibles cambios negativos en el funcionamiento de los distintos sistemas de órganos implicados directamente con la actividad deportiva. Los sistemas respiratorio, cardiovascular y osteomioarticular se cuentan dentro de los de mayor impacto.

El sistema osteomioarticular, por su implicación en la actividad deportiva, es uno de los sistemas en los que se pueden presentar mayor número de afecciones. La actividad deportiva se vincula a la adaptación, formación y nutrición correcta del sistema muscular (8). La práctica sistemática genera cambios en las concentraciones séricas de determinadas enzimas cuyo estudio constituye un elemento predictivo de lesión del tejido muscular (9).

En la actividad deportiva la deshidrogenasa láctica (LDH) y la creatina quinasa (CK) son consideradas marcadores de daño muscular; dentro de esta última se describen tres isoenzimas: la del músculo esquelético (CK-MM), la del músculo cardíaco (CK-MB) y la relacionada con el tejido cerebral (CK-BB) (9) (10) (11).

Es necesario monitorear el comportamiento metabólico y muscular en deportistas y en personas que inician actividad física; esto posibilita la identificación precoz de posibles cambios musculares que puedan significar la presencia de daño reversible o irreversible. En este sentido los especialistas en medicina deportiva son los responsables de evaluar el comportamiento muscular antes, durante y después de los períodos preparato-

rios y competitivos. De esta forma se puede verificar el sobrentrenamiento y el daño muscular (6) (12) (13).

La lesión muscular se caracteriza en sus inicios por elevaciones de la LDH, la CK y su isoenzima CK-MB (14) (15). Se reportó que en otras situaciones y condiciones, también se pueden elevar las enzimas musculares, como es el caso de la hipoxia muscular, el estrés físico o cardíaco y el traumatismo muscular (16) (17). La CK es considerada como el principal marcador de daño muscular ya que cataliza de forma reversible la formación de fosforil creatina, a partir de una molécula de creatina y una molécula de adenosintrifosfato (ATP) (18) (19) (20).

Es por esto que, teniendo en cuenta la importancia de prevenir lesiones musculares en personas que se dedican a la práctica de actividades físicas de forma sistemática, la necesidad de monitorear el comportamiento metabólico y muscular en deportistas y en personas que inician actividad física y las ventajas que ofrece la determinación de los valores séricos de LDH, CK total y CK-MB como medida preventiva de daño muscular, se decidió realizar esta investigación. El objetivo del trabajo fue identificar la presencia de daño a nivel del músculo estriado en deportistas con edades comprendidas entre 14 y 18 años pertenecientes a la Federación Deportiva de Azuay (FDA), mediante la medición de la actividad enzimática de marcadores de daño muscular, como son la LDH, la CK total y la CK-MB.

Materiales y Métodos

Se realizó una investigación clínica, con un diseño observacional y descriptivo cuyo objetivo fue identificar la presencia de daño muscular en deportistas jóvenes, entre 14 y 18 años, pertenecientes a la FDA en Ecuador, a partir de la determinación de algunos marcadores de daño muscular.

El universo estuvo constituido por un total de 238 deportistas jóvenes, que se dedicaban al entrenamiento regular de distintas modalidades deportivas como atletismo, baloncesto, ciclismo BMX, boxeo, fútbol, halterofilia, judo, natación, tenis de campo y voleibol. Se escogió este grupo de edades porque contaba con un mayor número de deportistas que realizaban actividades sistemáticas, según se pudo constatar en la base de datos de la FDA. La muestra quedó conformada por un total de 220 atletas que cumplían con los criterios de inclusión definidos para el estudio. Fueron 22 por cada disciplina deportiva, seleccionados mediante un método aleatorio simple.

Criterios de inclusión

- Deportistas con edades entre 14 y 18 años pertenecientes a la FDA, Ecuador.

- Deportistas sin diagnóstico de enfermedades crónicas, sin consumo de medicamentos, con un ayuno previo de 10 horas y que no hubieran realizado actividad física 48 horas antes de la toma de muestra de sangre.
- Deportistas que, por decisión propia, y con el asentimiento de sus padres y/o tutores legales, decidieron participar en la investigación y lo expresaron mediante la firma del consentimiento informado.

Para la recolección de los datos se utilizó una encuesta creada específicamente para el estudio que contó con un total de doce preguntas, de las cuales las primeras seis posibilitaron recoger información sobre las características sociodemográficas de los deportistas incluidos. Las restantes preguntas estuvieron orientadas a investigar elementos relacionados con la práctica de la actividad deportiva.

Se determinaron, como marcadores de daño muscular, los valores de CK total, CK-MB y LDH. Para la toma de muestra se adecuó un espacio en los predios de la FDA, se procedió a realizar una extracción de sangre venosa de las venas cefálica o basílica del antebrazo ubicadas en el pliegue anterior del codo, previa asepsia de la zona. Se extrajeron 10 mL de sangre en tubos al vacío sin anticoagulante. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio clínico del Hospital Vicente Corral Moscoso para realizar las determinaciones; el traslado se realizó mediante cadena de frío entre 2 y 8 °C. Posteriormente las muestras fueron centrifugadas durante 10 min a 4000 r.p.m. para la obtención del suero donde se realizaron las determinaciones.

Para el procesamiento de las muestras de los deportistas de la FDA se utilizó el equipo COBAS 6000 c 501 (*Roche Diagnostics*, Japón), con la autorización certificada del Centro Nacional de Normalización. Para la determinación de la CK total se utilizó el *test* ultravioleta, en el que la cantidad de NADPH producida es directamente proporcional a la actividad catalítica de la CK, que se midió fotométricamente. Los valores de referencia oscilaron entre 26 y 192 unidades por litro (U/L) para mujeres y entre 39 y 308 U/L en el caso de los hombres.

El *test* ultravioleta inmunológico se utilizó para determinar los valores de CK-MB. Este marcador está compuesto por dos subunidades, la CK-M y la CK-B. Mediante la acción de los anticuerpos específicos contra la CK-M se inhibe casi completamente la actividad catalítica de la subunidad CK-M, sin afectar a la subunidad CK-B. La actividad sobrante de la CK-B, correspondiente a la mitad de la CK-MB, se determinó según el método de la actividad total de la CK. La actividad catalítica de la isoenzima CK-MB pudo calcularse a partir de la actividad CK-MB medida, multiplicando por 2. Los valores de referencia fueron inferiores a 25 U/L en ambos sexos.

Por su parte, para la determinación de la LDH se utilizó el método de análisis por radiación ultravioleta. En este método, la tasa inicial de formación de NADH es directamente proporcional a la actividad catalítica de la LDH. Los valores se determinaron por fotometría midiendo el aumento de la absorbancia. Se utilizaron como intervalos de referencia valores entre 120 y 300 U/L en ambos sexos.

Se definió el nivel de confianza en el 95%, con un margen de error del 5% y la significación estadística estuvo determinada por una $p \leq 0,05$. La información recolectada fue incorporada a una base de datos en Excel que permitió organizar y homogenizar la información que fue procesada de forma automatizada con la ayuda del programa estadístico SPSS en su versión 20,0 para Windows. Se determinaron frecuencias absolutas y porcentajes para las variables cualitativas, y medidas de tendencia central y de dispersión para las variables cuantitativas. Se utilizó la estadística inferencial para establecer la relación entre las variables definidas en la investigación. Los resultados obtenidos fueron presentados en forma de tablas y gráficos estadísticos. La investigación fue aprobada por el comité de bioética de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Cuenca y se solicitó el consentimiento informado a cada uno de los participantes. Se informó adecuadamente a los participantes del estudio sobre el objetivo de la investigación; los datos y resultados obtenidos se utilizaron con fines investigativos y se manejaron con total confidencialidad.

Resultados

Al analizar las características sociodemográficas de los deportistas incluidos en la investigación se obtuvo un promedio de edad de 17,3 con una desviación estándar (DE) de 2,7 años, con predominio de adolescentes

Tabla I. Distribución de los deportistas según sus características generales.

Características de la población	Muestra (n=220)
Edad (media +/- DE)	17,3 +/- 2,7
Grupos de edades	
De 14 a 15	49 (22,3%)
De 15 a 16	73 (33,2%)
De 17 a 18	98 (44,5%)
Sexo	
Masculino	141 (64,1%)
Femenino	79 (35,9%)
Tiempo de práctica	
Menor de 1 año	71 (32,3%)
De 1 a 3 años	86 (39,1%)
Mayor de 3 años	63 (28,6%)
Frecuencia de práctica	
Diaria	59 (26,8%)
Tres veces por semana	120 (54,6%)
Menos de 3 veces por semana	41 (18,6%)

Fuente: cuestionario de investigación - DE: desviación estándar.

entre 17 y 18 años (98 deportistas que representaron el 44,6% del total de la muestra) (Tabla I). En relación al sexo existió predominio de deportistas masculinos (64,1%). El 39,1% de los deportistas llevaba entre 1 y 3 años dedicados a la práctica activa y regular del deporte y el 54,6% de ellos practicaban la actividad deportiva tres veces por semana.

En la Tabla II se muestra la distribución de deportistas según los valores obtenidos de cada uno de los marcadores de daño muscular. Se observa que la LDH fue el marcador que alcanzó porcentajes más elevados de normalidad con un 98,2% del total de deportistas

Tabla II. Distribución de los deportistas según los valores de los marcadores de daño muscular.

Valores	Marcadores de daño muscular (n=220)					
	CK Total		CK - MB		LDH	
	n	%	n	%	n	%
Normal	210	95,5	215	97,7	216	98,2
Alto	10	4,5	5	2,3	3	1,4
Bajo	0	0	0	0	1	0,4
Total	220	100	220	100	220	100
Marcadores alterados (n=14)					n	%
Con alteración de un único marcador					10	71,4
Con alteración de dos marcadores					3	21,4
Con alteración de los tres marcadores					1	7,2

Fuente: cuestionario de investigación.

investigados; solamente tres deportistas (1,4%) presentaron valores altos y el 0,4% (un adolescente) valores bajos de LDH.

En relación a los resultados de la CK el 95,5% presentó valores normales y solo el 4,5% valores altos; respecto de la CK-MB, el 97,7% de los deportistas investigados tuvo valores normales y solo el 2,3% presentó valores altos. Se observó igualmente que un total de 10 deportistas presentaron alteraciones en un único marcador, 3 deportistas en 2 marcadores y en un único adolescente se evidenciaron alteraciones en los tres marcadores de daño muscular.

El análisis de los marcadores de daño muscular en relación a las distintas disciplinas deportivas incluidas en el estudio se muestra en la Tabla III. La natación fue la disciplina deportiva en la que se observó mayor porcentaje de CK elevada, con un total de 6 deportistas, que representaron el 27,3% del total de practicantes de esa disciplina. En relación a los valores de CK-MB, de igual manera la natación fue el deporte en el que mayor número de deportistas mostraron valores elevados; en esta ocasión se identificaron tres deportistas con valores altos, lo que representó el 13,5% de los nadadores estudiados.

Por último, las disciplinas de baloncesto, judo y natación presentaron un atleta cada una con cifras elevadas de LDH, mientras que en la halterofilia se identificó un deportista con valores disminuidos de este marcador; en las restantes disciplinas deportivas la totalidad de los deportistas investigados presentaban valores normales de LDH. El fútbol fue el único deporte en el que no se encontraron deportistas con alteraciones de los marcadores de daño muscular analizados.

La Tabla IV muestra los resultados del análisis de los valores de marcadores de daño muscular según algunas de las características sociodemográficas incluidas en el estudio. En relación al sexo se observó que los porcentajes de valores normales en cada uno de los marcadores de daño muscular fueron superiores en deportistas masculinos que en femeninos. Más del 97% de cada uno de los marcadores estudiados fueron normales en los deportistas masculinos.

No se observó ningún caso con alteraciones de los marcadores investigados en deportistas con más de tres años de práctica. Los mayores porcentajes de deportistas con valores elevados de los distintos marcadores se identificaron en adolescentes que llevaban menos de un año de práctica sistemática del deporte. Los deportistas que practicaban diariamente fueron los que presentaron mejores resultados, ya que uno solo de ellos (1,70%) mostró un valor elevado de la CK-MB. Los deportistas que realizaban prácticas con una frecuencia menor de tres veces por semana fueron los que presentaron mayores alteraciones de los valores de marcadores de daño muscular analizados.

Discusión y Conclusiones

La vigilancia del daño muscular en deportistas jóvenes reviste singular importancia ya que permite identificar tempranamente alteraciones que puedan devenir en lesiones que no solo limiten la actividad deportiva, sino que también aumenten el riesgo de daño de la fibra muscular estriada. La adolescencia ha sido conceptualizada como una etapa en la que ocurren impor-

Tabla III. Distribución de deportistas según el deporte que practicaban y los valores de los marcadores de daño muscular.

Disciplina deportiva	Marcadores de daño muscular					
	CK Total		CK - MB		LDH	
	Normal n (%)	Alto n (%)	Normal n (%)	Alto n (%)	Normal n (%)	Alto n (%)
Atletismo	22 (100)	0	21 (95,5)	1 (4,5)	22 (100)	0
Baloncesto	22 (100)	0	22 (100)	0	21 (95,5)	1 (4,5)
Ciclismo	22 (100)	0	21 (95,5)	1 (4,5)	22 (100)	0
Boxeo	21 (95,5)	1 (4,5)	22 (100)	0	22 (100)	0
Fútbol	22 (100)	0	22 (100)	0	22 (100)	0
Halterofilia	21 (95,5)	1 (4,5)	22 (100)	0	21 (95,5)	0*
Judo	22 (100)	0	22 (100)	0	21 (95,5)	1 (4,5)
Natación	16 (72,7)	6 (27,3)	19 (86,5)	3 (13,5)	21 (95,5)	1 (4,5)
Tenis de mesa	21 (95,5)	1 (4,5)	22 (100)	0	22 (100)	0
Voleibol	21 (95,5)	1 (4,5)	22 (100)	0	22 (100)	0

Fuente: cuestionario de investigación.

* Un deportista que practicaba halterofilia presentó valores bajos de LDH.

Tabla IV. Distribución de deportistas según características generales y resultados de los marcadores de daño muscular.

Características de la población	Marcadores de daño muscular (n=220)					
	CK total		CK - MB		LDH	
	Normal n (%)	Alto n (%)	Normal n (%)	Alto n (%)	Normal n (%)	Alto n (%)
<i>Sexo</i>						
Masculino	138 (97,9)	3 (2,1)	140 (99,3)	1 (0,7)	140 (99,3)	1 (0,7)
Femenino	72 (91,1)	7 (8,9)	75 (94,9)	4 (5,1)	77 (97,5)	2 (2,5)
<i>Tiempo de práctica</i>						
Menor 1 año	65 (91,5)	6 (8,5)	69 (100)	0	70 (98,59)	1 (1,41)
De 1 a 3 años	82 (95,5)	4 (4,5)	83 (96,51)	3 (3,49)	84 (97,67)	2 (2,33)
Mayor a 3 años	63 (100)	0	63 (100)	0	63 (100)	0
<i>Frecuencia de práctica</i>						
Diaria	59 (100)	0	58 (98,3)	1 (1,7)	59 (100)	0
Tres veces por semana	117 (95,5)	3 (4,5)	118 (98,3)	2 (1,7)	118 (98,3)	2 (1,7)
Menos de tres veces por semana	34 (82,9)	7 (17,1)	39 (95,5)	2 (4,5)	40 (97,6)	1 (2,4)

Fuente: cuestionario de investigación.

tantes y complejos cambios metabólicos en el cuerpo humano. La práctica de actividades físicas sistemáticas, orientadas al alto rendimiento, demanda un metabolismo acelerado, sobre todo del ácido láctico y de otros procesos intracelulares esenciales para suplir las necesidades celulares ante el aumento de actividad física; de ahí la importancia de monitorear sistemáticamente la salud muscular mediante la determinación de los marcadores de daño muscular.

Distintos autores reportaron que cada vez se hace más frecuente la práctica sistemática de actividades físicas durante la adolescencia (21). Esta situación es favorable en todos los sentidos y son destacables las ventajas que ofrece la actividad deportiva para el mejoramiento de la salud, la autodisciplina, la autopreparación y demás actividades sociales (22), apoyadas por un programa de seguimiento que permita identificar precozmente la posible aparición de lesiones musculares.

Corresponde entonces a los entrenadores y al personal médico responsable de la salud de los deportistas velar por el adecuado desarrollo de las prácticas respectivas mediante un programa coherente de carga física y un adecuado monitoreo de la función muscular. Estos elementos se deben conjugar para minimizar el riesgo de lesiones o detectarlas precozmente (23).

El análisis global de los resultados de marcadores de daño muscular mostró que en los tres grupos estudiados la mayoría de los deportistas presentaron valores considerados como normales. Sin embargo, existieron deportistas con valores elevados, principalmente de CK total y en menor grado de CK-MB y de LDH. Este resultado pre-

senta diferencias y semejanzas con un estudio similar realizado en el año 2017 en deportistas entre 14 y 18 años pertenecientes a la Federación Deportiva de Cañar (24).

En la investigación realizada en Cañar también se encontraron deportistas con valores elevados de los marcadores de daño muscular, pero los porcentajes de valores normales fueron menores que en la presente investigación. Otro resultado diferente se observa en relación a los marcadores propiamente dichos. En la presente investigación, la LDH fue el marcador que con menor frecuencia y porcentaje presentó alteraciones en los deportistas, mientras que en la investigación realizada en Cañar la LDH fue el marcador de daño muscular en el que se identificó un mayor número de alteraciones (24).

Esta situación puede estar relacionada con el momento del ciclo de entrenamiento en el que se haya efectuado la investigación y con los requisitos previos a la realización de la misma. Las diferentes etapas de entrenamiento, con la adecuación de cargas físicas, influyen en el metabolismo muscular y por ende en las concentraciones séricas de CK total, CK-MB y LDH (24).

En este sentido la investigación realizada por Bahamondes Ávila *et al.* (25) informó un mayor porcentaje de niveles normales de CK total en deportistas sometidos a entrenamiento de baja intensidad de carga en comparación con los que fueron sometidos a mayor intensidad. Los resultados no solo fueron referidos a los valores de CK, sino también en torno a las cifras de proteína C reactiva y la fuerza muscular del cuádriceps femoral y músculos isquiotibiales, en los cuales los deportistas sometidos a mayor intensidad de carga mostraron

resultados fuera de los rangos normales determinados para esa investigación.

En este mismo sentido, autores como Vega *et al.* (26) concluyeron en su investigación que las cargas elevadas de actividad física durante el entrenamiento deportivo de alto rendimiento solían generar un remodelado cardíaco adverso que tenía a los biomarcadores de inflamación, como interleuquina 6, y de estrés oxidativo, como los elementos que caracterizaban la respuesta al esfuerzo (26).

Fernández Jaén y Guillén García (27) reportaron los criterios que se debían tener en cuenta para el retorno a la actividad deportiva normal después de una lesión muscular. En ese estudio señalaron que se debía considerar la normalidad de los valores séricos de marcadores de daño muscular como una condición inalterable (27).

En la natación fue donde se encontró una mayor frecuencia y un mayor porcentaje de alteraciones de CK total y CK-MB; sin embargo, la LDH se comportó de forma similar a otras disciplinas deportivas. No se encontraron resultados de investigaciones que hayan abordado este tema específicamente en los deportistas que practican la natación u otros deportes acuáticos, por lo que fue imposible establecer comparaciones.

Sin embargo, es importante señalar que la fase de preparación del deportista puede influir en los resultados de los marcadores (23) (24) (25). A pesar de haber encontrado valores elevados de CK y CK-MB, los valores de LDH fueron normales; esta situación evidencia que no existe daño muscular, desde el punto de vista metabólico, el cual es medido principalmente por la LDH; y que las alteraciones de las otras enzimas pueden estar relacionadas con carga activa. Es importante señalar que la natación ha sido considerada como uno de los deportes más complejos y completos que existen por la gran cantidad de músculos involucrados y el grado de actividad que se tiene que desempeñar en su práctica (28).

La normalidad de la LDH es un elemento tranquilizador en relación a la presentación de complicaciones producto de la actividad física. La principal complicación que suele aparecer es la rabdomiolisis, cuya aparición ha sido observada principalmente en las primeras semanas de entrenamiento o en la reincorporación a la actividad sistemática después de períodos prolongados de inactividad. Esta complicación etiopatogénicamente incluye distintos trastornos metabólicos de la célula que inevitablemente cursan con elevación de la LDH (29).

El sexo femenino, la práctica deportiva por un tiempo menor de un año y con una frecuencia de menos de tres veces por semana, fueron los elementos generales que no provocaron aumento de los marcadores respecto del rango de referencia. En la investigación de Tibaiza Mogollon (29) se reportó que la reincorporación a la actividad física después de un período de inactividad puede ser causa de la elevación de estos marcadores. En el caso del sexo femenino se ha descrito que la

adolescencia es una etapa de transición, donde los trastornos hormonales, sobre todo las concentraciones de estrógenos, pueden incidir en el desarrollo de la fibra muscular estriada (22) (29).

La vigilancia médica en deportistas jóvenes es un elemento a considerar a todos los niveles de la pirámide del deporte en Ecuador. A esta necesidad se incluye la elevación del nivel de conocimiento de los preparadores físicos en aras de dosificar las cargas en los deportistas para lograr un adecuado acondicionamiento físico y la disminución del riesgo de lesiones.

Se concluye que existió un predominio de deportistas masculinos, entre 17 y 18 años de edad, entre 1 y 3 años de práctica deportiva y que lo hacían con una frecuencia de tres veces por semana. La mayoría de los deportistas presentaron valores normales de marcadores de daño muscular y la CK total fue el marcador alterado en el mayor número de deportistas. La natación fue la disciplina con mayor número de atletas con elevación de los marcadores de daño muscular. El sexo femenino, la práctica de deporte por períodos menores de un año y con una frecuencia inferior a tres veces por semana fueron las características generales de los deportistas que no provocaron un aumento en los niveles séricos de CK total, CK-MB y LDH.

Fuentes de financiación

Este trabajo no requirió de un financiamiento específico.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses respecto del presente trabajo.

Agradecimientos

El equipo de investigación agradece a los directivos de la FDA, a los entrenadores, deportistas, padres y familiares por haber permitido hacer posible esta investigación. Igualmente agradece a los profesionales del laboratorio clínico del Hospital Vicente Corral Moscoso de la ciudad de Cuenca.

Correspondencia

Mg. Bioq. Clín. REINA MARÍA MACERO MÉNDEZ
Av. 12 de abril s/n y El Paraíso. CUENCA - Ecuador
Correo electrónico: reina.macero@ucuenca.edu.ec

Referencias bibliográficas

1. Seo DY, McGregor RA, Noh SJ, Choi SJ, Mishchenko NP, Fedoreyev SA, *et al.* Echinochrome A improves exercise capacity during short-term endurance training in rats. *Mar Drugs* 2015 Sep; 13 (9): 5722-31.

2. de Oliveira Siqueira L. Análise de parâmetros bioquímicos séricos e urinários em atletas de meia maratona. Arq Bras Endocrinol Metab (Internet). (Fecha de acceso 16 de noviembre de 2018). Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/abem/v53n7/08.pdf>.
3. Chamera T, Spieszny M, Klocek T, Kostrzewa-Nowak D, Nowak R, Lachowicz M, *et al.* Post-effort changes in activity of traditional diagnostic enzymatic markers in football players' blood. J Med Biochem 2015 Apr; 34 (2): 179-90.
4. Shavandi N, Samiei A, Afshar R, Saremi A, Sheikhhoseini R. The effect of exercise on urinary gamma-glutamyltransferase and protein levels in elite female karate athletes. Asian J Sports Med 2012 Mar; 3 (1): 41-6.
5. Shin K-A, Park KD, Ahn J, Park Y, Kim Y-J. Comparison of changes in biochemical markers for skeletal muscles, hepatic metabolism, and renal function after three types of long-distance running. Medicine (Baltimore) 2016 May; 95 (20): e3657
6. Pruna R, Lizarraga A, Domínguez D. Revisión del deportista. Med Clínica 2018 Apr; 150 (7): 268-74.
7. Nuviala RJ, Julián MA, Moreno M. Respuesta de los marcadores cardíacos y del músculo esquelético en deportistas recreacionales adultos. Apunts Med Esport 2004 Jan; 39 (145): 17-22.
8. Aymard AL, Aranda C, Carlo MBD. Estudio de parámetros bioquímicos en jugadores de fútbol de élite. Acta Bioquím Clín Latinoam 2013; 47 (1): 101-11.
9. Urdampilleta A, Martínez-Sanz JM, Lopez-Gruoso R. Valoración bioquímica del entrenamiento: herramienta para el dietista-nutricionista deportivo. Rev Esp Nutr Humana Dietética 2013 Jun; 17 (2): 73-83.
10. Bang HS, Seo DY, Chung YM, Kim DH, Lee S-J, Lee SR, *et al.* Ursolic acid supplementation decreases markers of skeletal muscle damage during resistance training in resistance-trained men: a pilot study. Korean J Physiol Pharmacol 2017 Nov; 21 (6): 651-6.
11. Noriega-Alvarado J, Colmenarez D, Mogollón A, Márquez N, Hernández V, Pérez M. Cambios séricos en las enzimas ALT, AST, FA, CK-TOTAL y LDH inducidos por veneno de *Crotalus durissus cumanensis* en ratones Balb/c. Rev Científica 2009; 19 (4): 408-13.
12. Banfi G, Colombini A, Lombardi G, Lubkowska A. Metabolic markers in sports medicine. Adv Clin Chem 2012; 56: 1-54.
13. Gonzalo Palacios RP-C. Biomarcadores de la actividad física y del deporte. Rev Esp Nutr Comunitaria 2015 Mar; (2): 235-42.
14. Taher JH, AL-Mulla Hummadi YMK, AL-Bashir NMT, AL-Araji AS. Lactate dehydrogenase (LD), alkaline phosphatase (ALP) isoenzymatic patterns in Iraqi children with visceral leishmaniasis before and after treatment with stibogluconate. J Parasit Dis 2016 Jun; 40 (2): 277-84.
15. Son H, Lee Y, Chae J, Kim C. Creatine kinase isoenzyme activity during and after an ultra-distance (200 km) run. Biol Sport 2015 Dec; 32 (4): 357-61.
16. Soto JP, Trujillo JA, Niño E. Cuantificación de la respuesta bioquímica al entrenamiento específico de porteros profesionales durante un microciclo de fase competitiva. MOVU Rev Las Cienc Act Física 2013 Dec; 1 (1): 2-11.
17. Areces F, Salinero JJ, Abian-Vicen J, González-Millán C, Gallo-Salazar C, Ruiz-Vicente D, *et al.* A 7-day oral supplementation with branched-chain amino acids was ineffective to prevent muscle damage during a marathon. Amino Acids 2014 May; 46 (5): 1169-76.
18. Gómez A, Casas M. Interpretación clínica del laboratorio. 8a ed. Medellín, Colombia: Editorial Médica Panamericana; 2014.
19. Arakawa K, Hosono A, Shibata K, Ghadimi R, Fuku M, Goto C, *et al.* Changes in blood biochemical markers before, during, and after a 2-day ultramarathon. Open Access J Sports Med 2016; 7: 43-50.
20. Claros DN, Torres DJ, Navia DP, Rojas DL, Espinoza S, Pinilla DR. Comportamiento de las enzimas musculares séricas asociado al ascenso de 3428 M.S.N.M. en bicicleta. Rev Méd La Paz 2013; 19: 27-34.
21. González JI, Ortega F, Garófano V, Martínez A, Sánchez S, Díaz M. Actividad física de adolescentes: implicación de sustancias nocivas, modalidad practicada y familia. Psicología Escolar e Educativa 2016; 20 (1): 13-22.
22. Durán S, Sánchez H, Valladares M, López A, Valdés Badilla P, Herrera T. Actividad física y perfil de estilos de vida promotores de la salud en adultos mayores chilenos. Rev Méd Chile 2017; 145 (12): 1535-40.
23. Arencibia Moreno A, Díaz Miranda M, Ramírez Blanco MB, Cedeño Sánchez LV. Diagnóstico de capacitación a entrenadores de bádminton de la iniciación deportiva en Pinar del Río, Cuba. Rev Podium 2018; 13 (1): 24-30.
24. Alvarracin Lalvay MA, Peñafiel Calle GA. Determinación de CK total, CK-MB y LDH en los deportistas de 14 a 18 años de la Federación Deportiva del Cañar. 2017. Tesis de Grado. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
25. Bahamondes Avila C, Lagos J, Bustos ML, Alvarez Castillo J, Berral de la Rosa FJ, Salazar Luis A. Efectos de un entrenamiento de miembro inferior con restricción parcial del flujo sanguíneo en la fuerza muscular y biomarcadores sistémicos de daño muscular e inflamación. Int J Morphol 2018; 36 (4): 1210-5.
26. Vega J, Contreras Briceño F, Saavedra R, Fernández R, Herrera S, Salinas M, *et al.* Entrenamiento físico de alta intensidad en maratonistas produce mayor remodelado cardíaco y reduce respuesta de estrés oxidativo. Rev Chil Cardiol 2018; 37 (2): 93-103.
27. Fernández Jaén TF, Guillén García P. Criterios para el retorno al deporte después de una lesión. Arch Med Deporte 2017; 34 (1): 40-4.
28. Sánchez Hechavarría ME, Carrazana Escalona R, Planas Rodríguez M, Cala Calviño L, Barrios Deler R, Núñez Bouron AI, *et al.* Evaluación del estado nutricional y vascular en estudiantes y atletas de beisbol de alto rendimiento. CorSalud 2017; 9 (2): 88-94.
29. Tibaduiza Mogollón YA. Rabdomiólisis en la primera semana de entrenamiento. Reporte de dos casos. Rev Fac Med 2015; 23 (2): 96-109.

Recibido: 13 de enero de 2020
Aceptado: 31 de agosto de 2020