



1859

UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad de la Salud Humana

Carrera de Laboratorio Clínico

Biomarcadores de daño muscular en deportistas: prevalencia y factores de riesgo. Revisión sistemática.

Trabajo de Integración Curricular,
previo a la obtención del título de
Licenciado en Laboratorio Clínico

Autor:

Jonathan Alejandro Paltín Poma.

Director:

Marlon Rolando Bravo Bonilla, PhD

Loja- Ecuador

2023

Certificado del trabajo de integración curricular.

Loja, 16 de agosto del 2023.

Marlon Rolando Bravo Bonilla, PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Biomarcadores de daño muscular en deportistas: prevalencia y factores de riesgo. Revisión sistemática**, previo a la obtención del título de **Licenciado en Laboratorio Clínico**, de la autoría del estudiante **Jonathan Alejandro Paltín Poma**, con **cédula de identidad** Nro. **1150237376**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Marlon Rolando Bravo Bonilla, PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR

Autoría

Yo **Jonathan Alejandro Paltín Poma**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca virtual.

Firma: 

Cédula de identidad: 1150237376.

Fecha: 22 de noviembre del 2023.

Correo electrónico: jonathan.paltin@unl.edu.ec

Teléfono: 0959423706

Carta de Autorización

Carta de autorización por parte de la autora, para consultar, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.

Yo **Jonathan Alejandro Paltín Poma**, declaro ser el autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Biomarcadores de daño muscular en deportistas: prevalencia y factores de riesgo. Revisión sistemática**, como requisito para optar por el título de Licenciado en Laboratorio Clínico, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los veintidós días del mes de noviembre de dos mil veintitrés.

Firma 

Autor: Jonathan Alejandro Paltín Poma.

Cédula de identidad: 1150237376

Dirección: Barrio Pucacocha, calle Chuquiribamba y Eduardo Palacios.

Correo electrónico: jonathan.paltin@unl.edu.ec

Teléfono: 0959423706

Datos complementarios:

Marlon Rolando Bravo Bonilla, PhD.

Director del Trabajo de Integración Curricular.

Dedicatoria.

A Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y siempre ha estado conmigo.

A mi familia en especial a mis padres por apoyarme en todo momento que con amor, paciencia y esfuerzo me brindaron su apoyo incondicional para cumplir una meta más en mi vida, siempre inculcando valores como respeto, honestidad, puntualidad y disciplina.

A mis tíos Ángel y Nancy, y de la misma manera a mis primos Omar y Wilman ya que ellos han sido mi segundo hogar, siempre me brindaron su apoyo incondicional, consejos y su apoyo durante toda mi carrera universitaria.

Finalmente, a mis amigos quienes me han apoyado en todo momento, en los momentos más difíciles y siempre me apoyaron cuando más lo necesite.

Jonathan Alejandro Paltín Poma.

Agradecimiento.

Quiero expresar mi gratitud a Dios y a la Virgen del Cisne por siempre guiarme y llenarme de bendiciones durante mi vida universitaria ya que siempre me encomendé en ellos.

Mi agradecimiento a las autoridades de la Universidad Nacional de Loja a docentes de la misma, ya que sin su guía no hubiera sido posible todo esto, siendo sus concejos, enseñanzas un pilar fundamental para llegar a ser las persona que soy.

A mi director de trabajo de integración curricular ya que, con su guía, enseñanzas pude desarrollar mi proyecto de la mejor manera.

Jonathan Alejandro Paltín Poma.

Índice de contenidos

Portada.....	i
Certificado del trabajo de integración curricular.....	ii
Autoría.....	iii
Carta de Autorización.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenidos.....	vii
Índice de tablas.....	ix
Índice de figuras.....	x
Índice anexos.....	xi
1. Título.....	1
2. Resumen.....	2
Abstract.....	3
3. Introducción.....	4
4. Marco teórico.....	7
4.1. Contracción Muscular.....	7
4.1.1. Contracción que interviene en los entrenamientos.....	7
4.2 Adaptación muscular.....	8
4.3 Efectos adversos del entrenamiento excéntrico.....	8
4.3.1 Daño muscular producido por ejercicio.....	9
4.4 Pruebas adicionales para la determinación de daño muscular.....	10
4.5 Biomarcadores de daño muscular.....	10
4.5.1. Lactato deshidrogenasa (LDH).....	10
4.5.2. Creatina quinasa (CK).....	11

4.6. Factores de Riesgo que se Asocian a la Alteración de los Biomarcadores de Daño Muscular.....	13
4.6.1 Edad.....	13
4.6.2 Sexo.....	13
4.6.3 Horas de entrenamiento.....	13
5. Metodología.....	15
5.1 Diseño del estudio	15
5.2 Criterios de elegibilidad	15
5.3 Fuentes de información.	16
5.4 Estrategia de búsqueda y selección del estudio.....	16
5.5 Proceso de recopilación y extracción de datos.....	16
5.6 Lista de datos.....	17
5.7 Evaluación de la calidad de los estudios.	17
5.8 Síntesis de resultados.....	17
5.9 Difusión de resultados	17
6. Resultados.....	18
7. Discusión	44
8. Conclusiones.....	48
9. Recomendaciones.....	49
10. Bibliografía.....	50
11. Anexos.....	56

Índice de tablas.

Tabla 1. Biomarcadores empleados en cada estudio.

Tabla 2. Prevalencia de las alteraciones de los biomarcadores de daños muscular.

Tabla 3. Factores de riesgo asociados con las alteraciones de los biomarcadores de daño muscular.

Tabla 4. Evaluación de la calidad.

Tabla 5. Resultados generales.

Tabla 6. Resultados declaración PRISMA.

Índice de figuras.

Figura 1. Biomarcador de daño muscular utilizado.

Figura 2. Prevalencia de las alteraciones de los biomarcadores de daño muscular.

Figura 3. Factor de riesgo: sexo.

Figura 4. Factor de riesgo: edad.

Figura 5. Factor de riesgo: Alteraciones de acuerdo a los suplementos analizados.

Figura 6. Diagrama PRISMA.

Índice anexos.

Anexo 1. Diagrama prisma.

Anexo 2. Evaluación de la calidad.

Anexo 3. Resultados generales.

Anexo 4. Resultados declaración PRISMA.

Anexo 5. Pertinencia.

Anexo 6. Designación de director de Trabajo de integración Curricular.

Anexo 7. Certificado de traducción del resumen

1. Título

Biomarcadores de daño muscular en deportistas: prevalencia y factores de riesgo. Revisión sistemática.

2. Resumen

Los deportistas se ven propensos a sufrir daño muscular por realizar ejercicio físico forzado y continuo, existen varios biomarcadores de daño muscular que permiten evaluar el estado del deportista tras sus entrenamientos, estas son: la CK total y sus isoenzimas, LDH, la mioglobina, péptido natriurético tipo B, lactato, AST y ALT. Los deportistas debido a su actividad física van a tener valores alterados de dichos biomarcadores, por ello, es importante su recuperación para realizar su determinación. Existen diversas investigaciones que demuestran la relación entre biomarcadores y el daño muscular en deportistas. Para el presente estudio se realizó una revisión sistemática de la literatura, presente en repositorios digitales como Pubmed, Scielo, Lilacs y Redalyc. Se aplicaron algoritmos de búsqueda en dichas bases, se analizó la información y se pudo determinar qué existe una alta prevalencia de alteraciones de los biomarcadores de daño muscular, teniendo así que la CK total se encuentra alterada en un 100% de las determinaciones, la CK-MM con un 100%, la LDH con un 91%, la mioglobina con 60%, lactato con el 66%, CK-BB y CK-MB con 0%. Se determinó también los biomarcadores de daño muscular de mayor utilidad clínica como son: la CK total, su isoenzima CK-MM y la LDH, se observó también que, existen factores de riesgo que pueden alterar dichos biomarcadores tales como la edad, el sexo, suplementación y la deshidratación. Así mismo se evidencio que el consumo de suplementos deportivos tuvo un efecto positivo en el nivel de los biomarcadores tras la actividad física.

Palabras clave: *Biomarcadores, deportistas, creatin quinasa, daño muscular, LDH.*

Abstract

Athletes are prone to muscle damage due to continuous physical exercise, there are several biomarkers of muscle damage that allow to evaluate the athlete's state after their training. These are: total CK and its isoenzymes, LDH, myoglobin, B-type natriuretic peptide, lactate, AST and ALT. The athletes, due to their physical activity they will have altered values of such biomarkers, for that, it is important, their recovery to make their determination. There are various researchers that demonstrate the relationship between biomarkers and muscle damage in athletes. For the present study, a systematic review of the literature in digital repositories such as Pubmed, Scielo, Lilacs and Redalyc was carried out, besides, search algorithms were applied to these databases, the information was analyzed and it was possible to determine that there is a high prevalence of alterations in biomarkers of muscle damage such as: the total CK is altered in 100% of the determinations, the CK -MM with 100%, LDH with 91%, myoglobin with 60%, lactate with 66%, CK-BB and CK-MB with 0%. The most clinically useful biomarkers of muscle damage were also determined: total CK, its isoenzyme CK-MM and LDH. It was also observed that there are risk factors that can alter these biomarkers such as age, sex, supplementation and dehydration. Likewise, it was evidenced that the consumption of sports supplements had a positive effect on the level of biomarkers after physical activity.

Cue words: *Biomarkers, athletes, creatine kinase, muscular damage, LDH.*

3. Introducción

El daño muscular se puede presentar cuando un deportista, en sus entrenamientos, realiza contracciones musculares de alta intensidad, situación que conlleva a que exista daño en las fibras musculares. Con esta descripción, y considerando que, en la actualidad existe un gran auge de práctica de deporte por jóvenes, es necesario realizar un adecuado seguimiento y control del daño muscular.

Los deportistas para su preparación física necesitan un acompañamiento adecuado, por parte de entrenadores especializados y médicos, dado que se debe identificar si existe algún cambio que pueda perjudicar a su salud. Así también, este grupo realiza una preparación diaria para competencias locales, nacionales e internacionales, lo que conlleva a una mayor actividad física y este sería un factor de riesgo para que se produzca daño muscular.

Los biomarcadores utilizados para determinar daño muscular a causa del ejercicio son: lactato deshidrogenasa (LDH), creatina quinasa (CK), en esta última destaca una isoenzima, la creatina quinasa MB (CK-MB), misma que se sintetiza en el músculo cardiaco. Cuando existe daño muscular, se elevan estas tres enzimas (Méndez et al., 2020). Según Méndez et al, la CK total se considera como el marcador principal de daño muscular. Además, los valores de CK están determinados por factores como edad, sexo, raza, la masa muscular, la actividad física que realiza y las condiciones climáticas (Brancaccio et al., 2007).

En este contexto, los deportistas, están sometidos a ejercicio físico constante, lo que puede conllevar a la elevación de mencionadas enzimas consideradas de daño muscular. Para corroborar la problemática expuesta, a continuación, se presentan algunos estudios, en los cuales se puede evidenciar el incremento de enzimas de daño muscular en deportistas.

En Argentina, en el año 2015, se realizó un estudio en 22 jugadores profesionales de fútbol, con promedio de edad de $23,4 \pm 2,4$ años. En quienes, se realizó la medición de LDH, CK total y CK-MB. Se concluyó que, la CK total tuvo cambios significativos en cada medición; entonces, en el periodo de preparación (semana 2) la enzima aumenta considerablemente, pero, al finalizar el periodo de preparación (semana 4) disminuye, y la enzima vuelve a incrementarse luego de haber finalizado las competencias (semana 6). Para la LDH no se observaron cambios significativos durante las mediciones realizadas en los tres grupos estudiados (Morillo-Baro et al., 2015).

En el Ecuador, fueron realizados algunos estudios para la cuantificación de enzimas para determinar daño muscular. Es así que, en la provincia de Cañar, en el año 2017, se realizó un estudio a 180 deportistas, en los cuales, se determinó CK total, CK-MB y LDH. Un gran porcentaje de las mencionadas enzimas se encontraron dentro de los valores normales, para CK total con 92,8%, la CK-MB 95% y la LDH 77,8%. En deportistas de 14 años, existió mayor porcentaje de normalidad para las 3 enzimas. Los deportistas que practicaban 2 horas de entrenamiento diario presentaban mayor normalidad, 53,3% para CK total, CK-MB 54,4% y LDH 43,49%. Disciplinas como lucha olímpica y boxeo fueron disciplinas que tuvieron menor porcentaje de daño muscular. A medida que los deportistas realizan constantemente actividad física, las concentraciones de enzimas van descendiendo, esto se debe a la adaptación fisiológica muscular (Alvarracin & Peñafiel, 2018).

En la ciudad de Cuenca, en el año 2020, se realizó la determinación de CK total, CK-MB y LDH en 220 deportistas. En los cuales, la LDH presentó una normalidad de 98,2%, CK total 95,5% y CK-MB 97,7%. La disciplina de natación obtuvo el mayor porcentaje de normalidad de CK total. Con respecto al sexo, en hombres se observó mayor normalidad con CK total 97,9%, CK-MB 99,3 y LDH 99,3; mientras que, en mujeres la normalidad fue: CK total 91,1%, CK-MB 94,9 y LDH 97,5%. Con respecto al tiempo que llevaban entrenando, no se observó valores elevados de las 3 enzimas en deportistas que entrenaban más de 3 años (Méndez et al., 2020).

Otro estudio realizado en Cuenca, en 220 deportistas, en el año 2017, se realizó la determinación de CK total, CK-MB y LDH, en el cual, se determinó que existe un mayor porcentaje de normalidad para LDH (94,5%), CK total (95%) y CK-MB (98,6%). Con respecto al sexo, en hombres se presentaron valores altos en LDH y CK-MB, mientras que en mujeres hubo mayor existencia valores altos de CK total. Deportistas que practican 2 horas diarias de entrenamiento presentaron mayor normalidad. En disciplinas como boxeo, fútbol, halterofilia y voleibol, la LDH presentó mayor normalidad; mientras que, en ciclismo, natación y tenis se obtuvo valores elevados. En las disciplinas de atletismo, fútbol y voleibol la CK total tuvo mayor frecuencia de valores normales a diferencia de natación que se obtuvo valores altos. En cuanto al nivel de la enzima CK-MB esta se mantuvo dentro de la normalidad en casi todas las disciplinas, con excepción de atletismo y natación que presentaron valores más altos (Gabriel Eduardo Ferrín Loor, 2020).

En base a la información presentada, se puede observar que existe variación en los niveles de los biomarcadores de daño muscular en deportistas, lo cual dependerá del sexo, edad, tiempo

que practican el deporte y si consumen algún tipo de suplemento. Con esta premisa se plantea la siguiente interrogante:

¿Cuál es la frecuencia con la que se alteran los biomarcadores de daño muscular en deportistas, qué factores se encuentran asociados y qué marcadores serían de mayor utilidad para apoyar al diagnóstico de daño muscular?

4. Marco teórico.

4.1. Contracción Muscular

Las contracciones musculares de alta intensidad con carácter repetitivo dan lugar a daño de las fibras musculares, esto se asocia a perder la capacidad de realizar fuerza muscular, acompañado de dolor e inflamación local. Según estudios, demuestran que se puede presentar daño muscular de moderado a altos en deportistas que compiten en maratón y triatlón (Méndez et al., 2020).

En la vida diaria, se requiere de las contracciones musculares para el desplazamiento y para mantener la postura. Podemos destacar 3 tipos de contracciones musculares, como son: concéntrica, excéntrica e isométrica. Al momento en que el sarcómero, que son las unidades funcionales más pequeñas de la fibra muscular, está tensado a una longitud constante se produce la contracción isométrica. Durante este acortamiento de la longitud del sarcómero, se produce la contracción concéntrica (producen el movimiento del cuerpo) y cuando el sarcómero se estira produce una contracción excéntrica, lo que quiere decir, es que la contracción muscular se aleja del centro del músculo. Esta última contracción mencionada (excéntrica) produce mayor fuerza muscular comparada con las contracciones isométricas y concéntricas (Gil, 2018).

4.1.1. Contracción que interviene en los entrenamientos.

Los entrenamientos excéntricos demuestran un gran beneficio dentro de la preparación física, uno de los beneficios que brinda este entrenamiento es la ganancia de masa muscular con una menor demanda metabólica, generación de hipertrofia (aumento del tamaño del músculo) y prevención de lesiones del músculo esquelético, por estas razones, las contracciones excéntricas son utilizadas dentro de la rehabilitación, así como también en los entrenamientos para mejorar rendimiento y aumento de masa muscular (Véronique Billat, 2002).

Este entrenamiento excéntrico se lo considera como el menos exigente comparado con el entrenamiento concéntrico, puesto que consume menor cantidad de oxígeno para realizar el mismo trabajo, es decir, consume de 4 a 5 veces menor cantidad de oxígeno, por lo cual, va a mantener los depósitos de energía inalterables. Las contracciones de tipo excéntrico son utilizadas en los entrenamientos debido a que la fatiga muscular es tardía (Gil, 2018).

El consumo de una menor cantidad de oxígeno podría ser causado por una ruptura mecánica de ATP de los puentes cruzados de actina-miosina, durante la contracción muscular,

cuando se produce la desactivación y cese de los puentes de actina-miosina, se utiliza ATP en las contracciones concéntricas e isométricas, en cambio, en las contracciones excéntricas, la desactivación se produce de manera forzada por el alargamiento muscular, por lo que no consumen ATP (Gil, 2018).

4.2 Adaptación muscular.

La degradación y remodelación del músculo esquelético son necesarias para que el deportista pueda adaptarse a los entrenamientos y con ello pueda aumentar su rendimiento necesario para competencias.

La hipertrofia se considera como una adaptación tardía ante un entrenamiento de fuerza, la misma puede ser detectada entre las 8 a 12 semanas. (Mosteiro-Muñoz, F.; Domínguez, 2017).

4.3 Efectos adversos del entrenamiento excéntrico.

Durante el entrenamiento de fuerza se producen adaptaciones de tipo neural como también de tipo estructural, por lo que se producen mejoras a niveles de hipertrofia, fuerza y potencia muscular. El entrenamiento que utiliza contracciones concéntricas ha sido la más empleada puesto que las contracciones excéntricas se han visto relacionadas con dolor muscular y daño funcional de las fibras musculares, lo cual va a ocasionar una disminución transitoria de los niveles de fuerza máxima, potencia muscular y economía del gasto deportivo (Mosteiro-Muñoz, F.; Domínguez, 2017).

Al realizar altas cargas de ejercicio excéntrico puede ocasionar dolor muscular de acción retardada, desbalance muscular, aumento de interleuquinas y CK ante un daño muscular, etc. (Javier Baldi Monge, n.d.).

Este tipo de entrenamiento puede generar daño muscular luego de la práctica, el mismo que se asocia con la disminución de la fuerza, menor rango de movimiento y dolor muscular en etapa tardía. Esto depende de los factores:

- Número de contracciones excéntricas.
- Rango de movimiento utilizado.
- Longitud muscular.

4.3.1 Daño muscular producido por ejercicio.

Factores como la disminución de la energía suministrada como también el almacenamiento de metabolitos, pueden conllevar a disminuir la fuerza muscular y aparece la fatiga. Los sustratos metabólicos que se emplean para suministrar energía dependen de factores como: intensidad del esfuerzo, duración del esfuerzo, disponibilidad de sustratos energéticos, modificaciones hormonales (López & Fernández Vaquero, 2006).

“Las contracciones musculares de alta intensidad, con carácter excéntrico puede dar lugar a un daño estructural de las fibras musculares, lo cual se conoce como daño muscular inducido por el ejercicio” (Corcuera, 2016). Una lesión muscular se puede deber a:

- Fatiga muscular, la cual puede aparecer cuando la intensidad o duración del ejercicio son elevados. Al finalizar el ejercicio se originan cambios iónicos en el sarcómero lo cual da lugar a las lesiones. Aquí se reduce la capacidad para absorber energía y de producir tensión al momento de la contracción excéntrica (Jiménez Díaz, 2006).

- Cambio en el sistema de trabajo y superficie de entrenamiento, eso se debe al cambiar de superficie de entrenamiento, por lo que, se utilizan músculos diferentes a los anteriormente utilizados, razón por la cual, podrían aparecer lesiones musculares. Las inserciones también tienen que adaptarse a los diferentes terrenos o superficies. El cambio de tipo de calzado o si la técnica no es la adecuada, pueden conllevar a una sobrecarga, la misma que puede desencadenar una lesión muscular (Jiménez Díaz, 2006).

- El tener alteraciones nutricionales, no realizar un descanso o una recuperación adecuada, infecciones, condiciones meteorológicas, etc. Estos son factores de riesgo que pueden producir daño muscular (Jiménez Díaz, 2006).

Las lesiones musculares se pueden clasificar en lesiones intrínsecas y lesiones extrínsecas. Las lesiones musculares extrínsecas se producen cuando el deportista recibe un impacto sobre el músculo que se encuentra en contracción, lo cual afecta a las fibras más superficiales, por el contrario, cuando se produce un impacto y el músculo se encuentra en fase de relajación, la lesión se produce en las fibras profundas. Las lesiones intrínsecas se producen cuando el atleta desarrolla acciones de juego las cuales implican aceleración y desaceleración imprevista, lo cual implica que la elasticidad del músculo sea superada durante la activación muscular excéntrica. Dentro de las lesiones intrínsecas se puede mencionar la sobrecarga, contractura muscular, elongación muscular, rotura muscular parcial y total. Se

pueden producir complicaciones como fibrosis muscular, nódulo fibroso cicatricial y miositis calcificante (Jiménez Díaz, 2006).

4.4 Pruebas adicionales para la determinación de daño muscular.

Las lesiones musculares necesitan de pruebas complementarias, pero también necesitan de la anamnesis, exploración física y la historia clínica. Las lesiones musculares más comunes son: contusiones, distensiones, roturas musculares, calambres y contracturas (Díez García & Arteagoitia Calvo, 2004).

Los síntomas que se pueden presentar ante una lesión muscular son dolor intenso y espasmos musculares. Se debe realizar el examen físico como la palpación por parte del médico ya que permitirá descartar defectos en la continuidad muscular, otro punto importante es observar la movilidad ya que esta se ve afectada ante una lesión (Díez García & Arteagoitia Calvo, 2004).

Ante una lesión muscular se pueden realizar estudios complementarios los cuales pueden ser: bioquímica sanguínea en la que incluye la creatina quinasa; otras pruebas como el ejercicio en isquemia y de ser necesario imágenes por ecografías (Díez García & Arteagoitia Calvo, 2004).

4.5 Biomarcadores de daño muscular.

Cuando un atleta realiza ejercicio físico forzado, se pueden sobrecargar los músculos, al existir una mayor actividad que la realizada cotidianamente, los sistemas contráctiles se pueden romper, por lo que puede existir una infiltración de ciertas proteínas como son la LDH, CK total y sus fracciones, esto es una respuesta fisiológica ante un ejercicio físico exigente, por esta razón, pueden ser utilizadas como marcadores de lesión muscular. El pico ocurre entre las 12 a 24 horas luego de haber realizado el ejercicio (Siqueira et al., 2009).

4.5.1. *Lactato deshidrogenasa (LDH).*

La LDH es una enzima se activa en el metabolismo celular, esta enzima es importante cuantificar ya que ayuda a determinar desordenes metabólicos, dicha enzima se puede elevar en actividad osteoblástica, daño y necrosis celular, entre otros. La elevación de la LDH puede deberse a lesión muscular y debilidad muscular. Con respecto a los valores de referencia de estas enzimas, en adultos es de 50 a 150 U/L y de 10 a 19 años de 120 a 300 U/L (Hernández, 2014).

Esta enzima se encarga de catalizar la oxidación de L-lactato a piruvato por medio del empleo de nicotinamida adenina dinucleótido (NAD), el medio donde se realiza es alcalino, esto favorece al paso de lactato a piruvato y un pH que sea ácido a neutro permite la formación de piruvato a lactato ya que consume un protón.

La LDH se encuentra constituida por dos subunidades la subunidad H y la subunidad M, cuando se combinan estas subunidades se pueden producir 5 isoenzimas quienes son: LD-1 (H₄), LD-2 (H₃M), LD-3 (H₂M₂), LD-4 (HM₃), LD-5(M₄). La isoenzima LD-1 se encuentra en tejidos aerobios como el corazón, la isoenzima LD-5 a diferencia de la LD-1 no se inhibe por el piruvato por lo que está adaptada al metabolismo basado en la glicolisis (Hernández, 2014).

Esta enzima se encuentra distribuida por todo el organismo debido a esto su elevación es inespecífica y suele elevarse en lesiones cardiacas, lesiones hepáticas, lesiones renales, etc. La determinación de LDH y la relación LD-1/LD-2 se emplean para el diagnóstico y seguimiento de pacientes con infarto de miocardio (Hernández, 2014).

4.5.2. Creatina quinasa (CK).

La CK es una enzima que se encarga de catalizar la fosforilación de la creatina utilizando Mg²⁺, de esta manera se forma un compuesto de alta energía, como es la creatina-P, siendo esta necesaria para la contracción muscular. Cuando se produce la contracción se

requiere de ATP, de manera que la CK va a refosforilación del ADP convirtiéndolo en ADP, a expensas de la energía que se encuentra almacenada como creatina-P (Hernández, 2014).

La concentración de creatina-P es de 3 a 5 veces superior a la del ATP, por esta razón, la creatina-P es considerada como una fuente de energía, la misma disminuye durante el ejercicio, lo cual se relaciona con la intensidad del ejercicio. Cuando finaliza la actividad física la creatina-P es resintetizada inmediatamente (López & Fernández Vaquero, 2006).

La CK se encuentra constituida por la subunidad M y la subunidad B, cuando estas se combinan, dan a la formación de tres isoenzimas: la CK-1 o CK-BB, la CK-2 o CK-MB y la CK-3 o CK-MM. Existe una CK-mt que es la creatina-cinasa mitocondrial la cual representa hasta el 15% de la actividad del corazón.

Esta enzima tiene una gran actividad en el músculo estriado, cerebro y corazón; presenta una menor actividad en la placenta, tiroides, riñón, bazo, próstata y aparato

gastrointestinal. Haciendo referencia a las isoenzimas anteriormente mencionadas, tenemos que la CK-BB se sintetiza principalmente en el cerebro, la CK-MM se encuentra en el músculo esquelético y la actividad del corazón constituye un 78% la CK-MM y la CK-MB el 22% (Hernández, 2014).

Las lesiones de músculo esquelético producen un aumento de la CK prácticamente en su totalidad por la CK-MM. Una elevación notable se produce en la rabdomiólisis aguda, aquí se produce un incremento de hasta 200 veces respecto al límite superior, esto se debe a la destrucción masiva del músculo, en estas condiciones cuando se incrementa la CK-MM también incrementa la CK-MB, pero el porcentaje de CK-MB con respecto a la CK total se encuentra disminuida. En el caso que existiera una lesión cardiaca también existe el incremento de la CK, con una mayor elevación de la CK-MB. Cuando existe un entrenamiento intenso, se produce la elevación de la CK, la cual puede mantener valores elevados incluso 48 horas después de haber terminado el entrenamiento (Hernández, 2014).

Los niveles de CK séricos pueden aumentar por un entrenamiento intenso y prolongado, esta enzima se la encuentra principalmente en órganos, en donde se necesita una elevada cantidad de energía como cerebro y músculos. Deportistas tienen mayor concentración de CK comparado con sujetos que no practican deporte, esto puede deberse a la masa muscular y al esfuerzo físico que realizan diariamente, la actividad de la CK dependerá del nivel de entrenamiento. Existe mayor posibilidad de que exista algún tipo de lesión muscular en el caso de que los deportistas utilicen esteroides androgénicos o algún suplemento de creatina. “Un gran aumento de esta enzima combinada con una menor tolerancia del ejercicio podría ser marcador de daño muscular. Para un diagnóstico más preciso acerca del sobre entrenamiento es posible si existe un aumento de la enzima en combinación con la reducción de tolerancia al ejercicio” (Brancaccio et al., 2007).

A menudo, dolor muscular y rigidez son característicos del entrenamiento físico y no suelen ser tomados en consideración por parte de los entrenadores, pero si este dolor es persistente y el dolor no cede, eso debe ser estudiado y diagnosticado ya que estos suelen ser signos de una miopatía. Los valores de CK en reposo y post entrenamiento sería un método simple y no invasivo para poder llegar a un diagnóstico (Brancaccio et al., 2007).

La fracción CK-MB está compuesta por la subunidad M que es expresada en el músculo y la subunidad B que es expresada en las células nerviosas; cuando la CK-MB se

encuentra en concentraciones bajas se puede deber a infarto agudo de miocardio mientras que valores elevados indican daño o traumatismo en el músculo esquelético (Spinreact, 2015a).

4.6. Factores de Riesgo que se Asocian a la Alteración de los Biomarcadores de Daño Muscular.

4.6.1 Edad.

Los niveles de CK total solo para comparar, en pediátricos tienden a tener valores más altos en comparación con un adulto, en los adultos jóvenes (14 a 26 años) tienden a tener valores aumentados los cuales tienden a disminuir ligeramente en el periodo geriátrico (Brancaccio et al., 2007). Enzima como la LDH van aumentando progresivamente conforme aumenta la edad, así como enzimas que se encargan del metabolismo aeróbico (López & Fernández Vaquero, 2006).

4.6.2 Sexo.

Existe una diferencia de los niveles de CK en hombres y en mujeres, después de realizar ejercicio existen niveles más altos de dicha enzima en hombres en comparación con mujeres, es decir, los niveles de las enzimas musculares se relacionan con la masa muscular (Brancaccio et al., 2007).

Generalmente los valores cuantitativos para mujeres como fuerza muscular o cualquier analito que se relacione con la masa muscular, tienen una diferencia de dos tercios y tres cuartos de los valores obtenidos en hombres. “La mayor parte de las diferencias en el rendimiento muscular se deben al porcentaje extra del cuerpo masculino del músculo” (Arthur C. Guyton, 2011).

La testosterona que es secretada por los testículos posee un gran efecto anabolizante lo que favorece a los depósitos de proteínas, especialmente las musculares (Arthur C. Guyton, 2011).

4.6.3 Horas de entrenamiento.

Para la CK sus valores tienden a aumentar después de realizar ejercicio competitivo muy prolongado como por ejemplo carreras de maratón o en caso de realizar triatlón.

Realizar un entrenamiento diario, puede ocasionar un aumento de la CK; se debe considerar que sus niveles en atletas suelen ser más altos, pero aumentan significativamente en sujetos que realizan ejercicio con menos frecuencia (Brancaccio et al., 2007).

Luego de realizar un ejercicio prolongado, la CK total tiende a elevarse después de las 24 horas de haber realizado el ejercicio y permanecen elevadas por 48 horas cuando los atletas vuelven a entrenar. Realizar una actividad más intensa, produce una elevación de la CK total durante el cuarto día de entrenamiento (Brancaccio et al., 2007).

En un ejercicio extenuante y prolongado no solo aumenta la CK total, sino que se elevan las tres isoenzimas, incluyendo la CK-MB sin que exista un daño de miocardio (Brancaccio et al., 2007).

5. Metodología.

5.1 Diseño del estudio

Revisión sistemática de la literatura.

5.2 Criterios de elegibilidad

Para el desarrollo del presente estudio se consideró las pautas del sistema Cochrane (Biblioteca Cochrane). Los criterios de elegibilidad se realizaron a través del formato PICO (P. Population, I. Intervention, C. Comparison, O. Outcome) sobre la pregunta de investigación planteada, quedando de la siguiente manera:

Población: La población a la que se enfocó la investigación fue en deportistas.

Intervención: Factores de riesgo que se asociaron a las alteraciones de los niveles de biomarcadores de daño muscular.

Comparación: No aplica.

Resultados: Alteraciones de biomarcadores de daños muscular y factores de riesgo asociados al daño muscular en deportistas.

Criterios de inclusión:

- Artículos publicados entre 2012 y 2023.
- Publicaciones orientadas a biomarcadores de daño muscular en deportistas y sus factores de riesgo.
- Artículos realizados en seres humanos.
- Artículos de texto completo.
- Artículos de revisión sistémica y metaanálisis.
- Artículos de libre acceso.
- Artículos que se encuentren en idioma español, inglés o portugués.

Criterios de Exclusión:

- Tesis que se encuentren en repositorios.
- Estudios que no se hayan realizado en deportistas.
- Artículos fuera del tiempo establecido.
- Literatura gris como opiniones que se encuentren en revistas, documentos de conferencias, comentarios, editoriales, noticias o análisis secundarios.

5.3 Fuentes de información.

Se realizó la búsqueda de información en las bases de datos: Scielo, Pubmed, Lilacs, y Redalyc. La búsqueda se ejecutó a partir del año 2013.

5.4 Estrategia de búsqueda y selección del estudio.

Para la identificación y búsqueda de las publicaciones se aplicó el método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis) (Bonfill).

Aquí faltan los términos de búsqueda y conectores booleanos utilizados previo a las combinaciones. Se utilizaron las siguientes combinaciones “LDH and muscle damage and sports”, “CPK and muscle damage and sports” “enzymes and muscle year and sports” “Biomarkers and muscle damage”; estos fueron asociados a través de los operadores booleanos and/ or / not. Para esta revisión sistemática, fueron seleccionados los textos en inglés, español y portugués publicados en los últimos 10 años.

Se obtuvo un total de 1670 estudios mediante la búsqueda en bases de datos electrónicas (PubMed= 857, Lilacs= 781, Scielo= 31 y Redalyc= 1). Se llevó a cabo un proceso de cribado inicial utilizando las herramientas Covidence (<https://www.covidence.org/>) para la eliminación de duplicados y Rayyan (<https://www.rayyan.ai/>) para verificar que no hubiera quedado ningún duplicado, además de realizar las demás etapas de cribado.

Después de depurar y eliminar los duplicados, se determinaron 325 estudios.

Posteriormente, se recuperó un total de 1345 artículos relevantes que fueron seleccionados de acuerdo con el título y/o resumen; después, se obtuvo un total de 147 estudios a texto completo que se analizaron para la elegibilidad. Después de examinar los artículos completos, 98 se excluyeron por no cumplir los criterios de inclusión; finalmente, los artículos restantes (n = 20) fueron seleccionados para esta revisión (Anexo1).

5.5 Proceso de recopilación y extracción de datos.

Con el listado final de los artículos seleccionados, se procedió a extraer la información más relevante, elaborando una tabla de extracción de datos (Anexo 5), en donde se registraron las características principales de cada artículo, como: título, autor, año, país, población, fuente, objetivos y tipo de estudio, esto permitió recopilar la información sistematizada para su análisis. Se obtuvo un total de 20 artículos de los cuales todos los estudios corresponde a casos y controles. De los cuales, todos fueron en idioma inglés. En los años del 2013, 2015 y 2016 existieron 7 artículos lo que corresponde al 35%; en los

años 2017, 2018 y 2019 existieron 6 artículos que corresponde al 30% y finalmente en los años 2020, 2021 y 2022 se obtuvo 7 artículos que siendo el 35%.

En general, la población más estudiada fue la de deportistas jóvenes con edades comprendidas entre los 18 y 35 años. En cuanto a los factores de riesgo, la edad, el sexo y la ingesta de suplementos fueron factores de riesgo.

5.6 Lista de datos

Se definieron las variables a considerar en cada uno de los estudios para dar respuesta a los objetivos planteados en la presente investigación.

5.7 Evaluación de la calidad de los estudios.

El riesgo de sesgo se evaluó utilizando la herramienta JBI (Instituto Joanna Briggs). La herramienta evalúa el sesgo como bajo ($\geq 70\%$), moderado (50-69%) y alto ($< 50\%$) (Anexo 2).

5.8 Síntesis de resultados.

Los artículos seleccionados se presentaron en tablas según las variables estudiadas que se identificaron durante la revisión sistemática, analizando los factores que estuvieron más asociados con alteraciones de los biomarcadores de daño muscular en deportistas.

5.9 Difusión de resultados

Se pretende difundir los resultados obtenidos mediante la publicación en revistas científicas, luego de la sustentación ante el tribunal designado para la obtención del título de Licenciado en Laboratorio Clínico.

6. Resultados.

Luego de haber analizado todos los estudios, toda la información obtenida fue clasificada y se presenta en función de cada uno de los objetivos planteados en la presente revisión sistemática, dicha información se menciona a continuación:

- Establecer los biomarcadores de mayor utilidad para establecer la existencia de daño muscular.

Para tener un conocimiento sobre la existencia de un daño muscular se pueden medir biomarcadores los cuales proporcionan información sobre el estado muscular, en los artículos analizados se identificaron biomarcadores de daño muscular, entre los cuales tenemos: creatin quinasa (CK), sus isoenzimas (CK-MB, CK-BB y CK-MM), también se analizaron lactato deshidrogenasa (LDH), la mioglobina y otros analitos como MDA y péptido natriurético tipo B (BNP). A más de estos biomarcadores se analizaron otros parámetros bioquímicos como la IL-6 y el estradiol los cuales pueden influir sobre los valores de los biomarcadores.

En los 20 artículos analizados (Tabla 1), la CK total fue analizada en todos los artículos, lo cual corresponde al 100%, la CK-MB se midió en dos estudios (10%) (Son et al., 2015) (Bang et al., 2017); las isoenzimas de CK-MM y CK-BB se midió en un estudio (5%) (Son et al., 2015). En varios estudios se utilizaron como biomarcadores la CK total como único biomarcador de daño muscular, en los cuales se vio un aumento significativo de esta enzima (Wang et al., 2018) (Kyriakidou et al., 2021) (Wilson et al., 2013) (Walker et al., 2019). Mencionados autores destacan la importancia de la utilización de la CK total como biomarcador de daño muscular, esta es considerada como un biomarcador indirecto de daño muscular por su fácil identificación y bajo costo, pero, esta enzima es de gran importancia y proporciona una importante información al medirla antes y después del esfuerzo físico debido a que un entrenamiento complejo consiste en realizar ejercicios excéntricos los cuales se puede ver afectados por algunos factores individuales y también por variables del ejercicio (Son et al., 2015).

Podemos encontrar isoenzimas como la CK-MB, CK-MM y CK-BB, en el musculo esquelético, la principal isoenzima es la CK-MM que representa aproximadamente un 90% de la CK total y en una parte mínima se puede encontrar la CK-MB y CK-BB, se observó que existió un aumento significativo de la CK total posterior al realizar (Son et al., 2015).

Al momento que se realiza ejercicio físico intenso, los músculos son inducidos a un estrés, lo con lo que se produce la ruptura del sarcómero y posterior liberación de enzimas

como CK y LDH al torrente sanguíneo, por su parte la CK es considerada como un biomarcadores indirecto de daño muscular, esta enzima puede tener una gran variabilidad y puede ser afectada por factores individuales y variables del ejercicio, pero evaluar este biomarcador antes y después de realizar ejercicio físico puede ser de gran utilidad para detectar daño muscular.

La LDH fue analizada en 12 estudios diferentes (60%) (Tabla 1) (Córdova-Martínez et al., 2021) (Muders et al., 2016) (Pupo, n.d.) (Podgórski et al., 2021) (Withee et al., 2017) (Viribay et al., 2020) (Ozkan & Ibrahim, 2016) (Peres et al., 2023) (Jastrzębski et al., 2015) (Gholami et al., 2022) (Bang et al., 2017) (Pilch et al., 2020). La LDH es un enzima que se encarga de convertir el piruvato en ácido láctico o lactato, dicho lactato se produce cuando el cuerpo descompone carbohidratos para utilizarlo como energía cuando los niveles de oxígeno disminuyen en el organismo como por ejemplo antes un ejercicio intenso.

La mioglobina ha sido medida en 5 estudios (25%) (Tabla 1) (Córdova-Martínez et al., 2021) (Naclerio et al., 2015) (Podgórski et al., 2021) (Bang et al., 2017) (Pilch et al., 2020). La mioglobina ha sido utilizada en algunos estudios como biomarcador de daño muscular (Córdova-Martínez et al., 2021)(Naclerio et al., 2015) (Podgórski et al., 2021), ya que el daño muscular inducido por el ejercicio conduce a la fuga de proteínas como la mioglobina de las células hacia la circulación, este biomarcador no es muy específico ya que puede aumentar también en afecciones del corazón, insuficiencia renal y en lesiones del musculo esquelético, es importante mencionar que esta se la puede detectar hasta dos horas después de su liberación al torrente sanguíneo (Petra & Mateos-Cáceres, 2019).

El lactato fue analizado en 3 estudios (15%) (Tabla 1) (Podgórski et al., 2021) (Peres et al., 2023) (Gholami et al., 2022).

En otro estudio se analizó la AST y ALT como marcadores de daño muscular (5%) (Ozkan & Ibrahim, 2016). MDA fue analizada en 1 estudio para seguimiento de daño muscular (5%) (Gholami et al., 2022). Finalmente se utilizó la BNP en estudio (5%) (Tabla 1) (Bang et al., 2017). Todo esto se lo representa gráficamente en la **Figura 1**.

Tabla 1*Biomarcadores empleados para cada estudio*

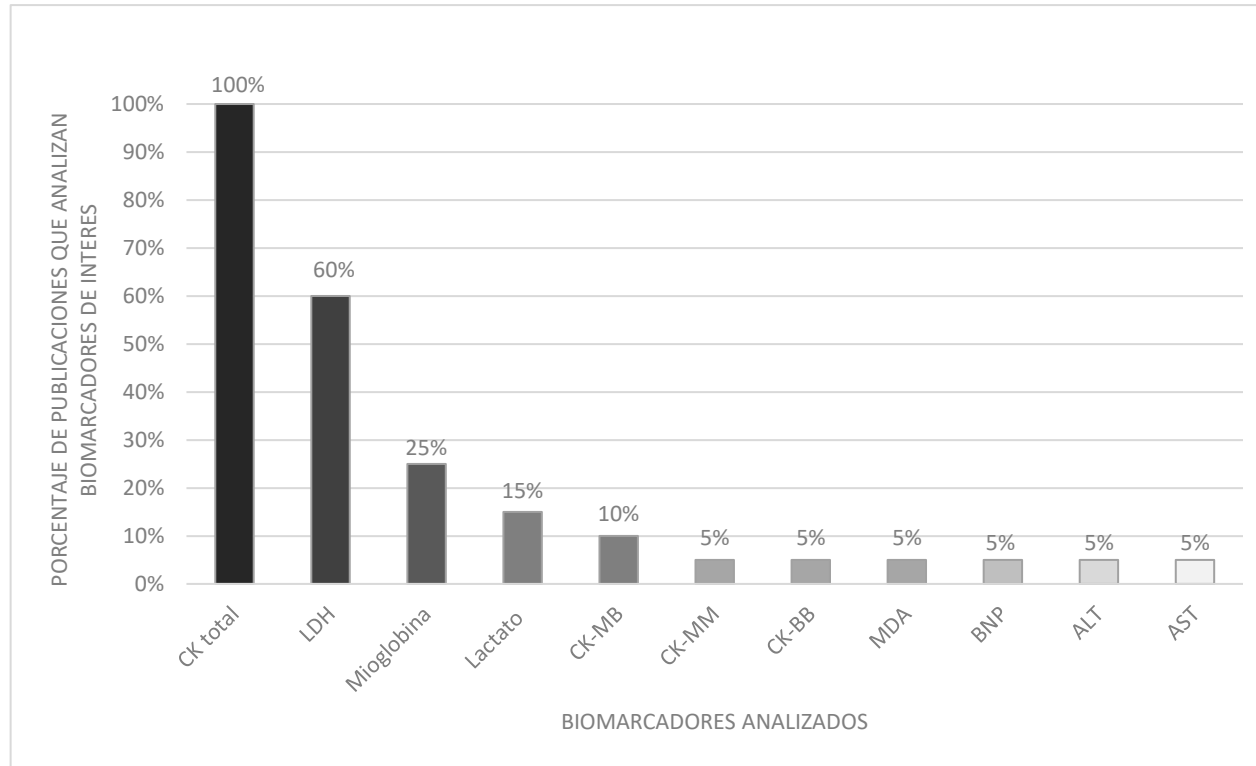
Año	Estudio	Biomarcador analizado	
1	2018	Efectos de la suplementación con creatina durante 4 semanas combinada con entrenamiento complejo sobre el daño muscular y el rendimiento deportivo	CK
2	2021	Efecto de la Suplementación con Glutamina sobre Biomarcadores de Daño Muscular en Jugadores Profesionales de Baloncesto	CK, Mb, LDH
3	2021	El efecto de la suplementación con ácidos grasos poliinsaturados Omega-3 sobre el daño muscular inducido por el ejercicio	CK
4	2016	Efectos de Traumeel (Tr14) sobre la respuesta al daño muscular inducido por el ejercicio en sujetos sanos: un ECA doble ciego	CK y LDH
4	2015	Efectos de los Sucesivos Partidos de Judo en los Marcadores de Fatiga y Daño Muscular.	CK y LDH
6	2013	El ácido libre de β -hidroxi- β -metilbutirato reduce los marcadores de daño muscular inducido por el ejercicio y mejora la recuperación en hombres entrenados en resistencia.	CK
7	2017	Una dosis única de antagonistas de los receptores de histamina antes de correr cuesta abajo altera los marcadores de daño muscular y dolor muscular de aparición tardía	CK
8	2015	Un ingrediente múltiple que contiene carbohidratos, proteínas L-glutamina y L-carnitina atenúa la percepción de fatiga sin efecto sobre el rendimiento, el daño muscular o la inmunidad en los jugadores de fútbol.	CK y Mb
9	2021	Un enfoque práctico para monitorear biomarcadores de inflamación y daño muscular en jóvenes futbolistas durante un ciclo de entrenamiento de 6 meses.	CK, LDH, mioglobina, lactato
10	2015	Actividad de la isoenzima creatina cinasa durante y después de una carrera de ultradistancia (200 km).	CPK, CK-MB, CK-MM y CK-BB.

11	2017	Efectos del metilsulfonilmetano (MSM) sobre el estrés oxidativo inducido por el ejercicio, el daño muscular y el dolor después de una media maratón: un ensayo doble ciego, aleatorizado y controlado con placebo.	CK y LDH
12	2020	Efectos de la ingesta de 120 g/h de carbohidratos durante un maratón de montaña sobre el daño muscular inducido por el ejercicio en corredores de élite.	CK y LDH.
13	2016	Deshidratación, daño muscular esquelético e inflamación antes de las competencias entre los luchadores de élite.	AST, ALT, LDH y CK
14	2022	La proteína de suero hidrolizada enriquecida con dipéptido de glutamina atenúa el daño del músculo esquelético y mejora el rendimiento en pruebas de agotamiento físico en triatletas.	LDH, CK, lactato
15	2015	Daño al Hígado y Músculo Esquelético en Corredores de Maratón Durante una Carrera de 100 km en Relación con la Edad y la Velocidad de Carrera.	CK y LDH.
16	2022	Efecto de la suplementación con beta-alanina sobre el daño celular inducido por el ejercicio y la acumulación de lactato en jugadoras de baloncesto: un estudio aleatorizado y doble ciego.	Lactato, LDH, CK y MDA.
17	2017	La suplementación con ácido ursólico disminuye los marcadores de daño del músculo esquelético durante el entrenamiento de resistencia en hombres entrenados en resistencia: un estudio piloto.	CK, CK-MB, mioglobina, BNP y LDH.
18	2020	El efecto de la suplementación con vitamina D sobre el daño muscular después del ejercicio excéntrico en hombres jóvenes: un ensayo controlado aleatorizado.	Mioglobina, CK y LDH.
19	2019	Respuesta de biomarcadores a una temporada competitiva en jugadoras de fútbol de la División I.	CK
20	2018	Impacto del daño muscular inducido por el ejercicio en los resultados de las pruebas de rendimiento en jugadoras de baloncesto de élite.	CK

Nota: CK (Creatin quinasa), LDH (lactato deshidrogenasa), BNP (péptido natriurético tipo B), CK-MM CK-BB CK-MB (isoenzimas de creatin quinasa), AST (aspartato aminotransferasa), ALT (alanino aminotransferasa), Mb (mioglobina)

Figura 1

Biomarcadores de daño muscular utilizados.



- Determinar la prevalencia con la que se presentan alteraciones en biomarcadores de daño muscular en deportistas.

En los estudios analizados se pudo evidenciar que existe una gran prevalencia en cuanto a la alteración de los biomarcadores de daño muscular en deportistas, como ya se mencionó, esto es debido a la ruptura del sarcómero lo cual permite la salida de mencionadas enzimas, a la vez, es importante mencionar que estos biomarcadores pueden ser utilizados para monitorear la recuperación de los deportistas. Al realizar ejercicio intenso, los deportistas realizan ejercicio físico continuo y el mismo es de forma exigente ya sea dentro de una carrera o en entrenamiento, aquí se produce un estrés en el musculo lo cual da como resultado la ruptura del sarcómero y posterior liberación de enzimas al torrente sanguíneo por lo que, en todos los estudios analizados se observa que existe un gran aumento de dichos biomarcadores, esto se pudo evidenciar al realizar la medición de los mismo antes y después de haber realizar el esfuerzo físico.

Existe una gran prevalencia de alteración de los biomarcadores de daño muscular, en todos los artículos analizados se encontró un aumento comparando valores previos al esfuerzo físico y posterior del mismo. En los estudios analizados se pudo evidenciar que existe alteraciones en los biomarcadores de daño muscular (CK- total, CK-MM y LDH), en los que se observó un aumento significativo a diferencia de otro biomarcador como es la mioglobina la cual no se evidencio un aumento significativo.

En los estudios que fueron seleccionados mencionan que existe un gran aumento de los biomarcadores de daño muscular después de realizar esfuerzo físico, los valores obtenidos fueron tomas del grupo placebo, debido a que si se tomaban del grupo que fue suplementado se iban a tener valores menores por lo que no indicarían valores reales relacionados con el daño muscular, para la CK total de obtuvo un promedio de 353,2 U/L; pero también se encontró valores de esta enzima más altos como 1556 y 4939 U/L. Para la CK-MB 8,72 ng/ml. La LDH se obtuvo un promedio de 401,6 U/L (**Tabla 2**).

En el caso de la CK total, existió un gran aumento en todos los artículos estudiados, por lo que la prevalencia es del 100% , para CK-MB no existió alteración de este biomarcador así como para CK BB, la CK-MM fue estudiada en 2 artículos (Son et al., 2015) (Peres et al., 2023), en donde, existió un aumento de las concentraciones por lo que fue del 100% (**Tabla 2**).

La LDH fue medida en 12 artículos, de los cuales en 11 (Córdova-Martínez et al., 2021) (Muders et al., 2016) (Pupo, n.d.) (Podgórski et al., 2021) (Withee et al., 2017) (Viribay et al., 2020) (Peres et al., 2023) (Jastrzębski et al., 2015) (Gholami et al., 2022) (Bang et al., 2017) (Pilch et al., 2020) se encontraban valores aumentados y en 1 (Ozkan & Ibrahim, 2016) se encontraban dentro de los valores de referencia, por lo que, la prevalencia de alteraciones de la LDH es del 91% (**Tabla 2**).

La mioglobina fue analizada en 5 artículos, de los cuales, en 2 (Bang et al., 2017) (Córdova-Martínez et al., 2021) se mantuvieron dentro de los valores de referencia y en 3 se encontraban alterados (Naclerio et al., 2015) (Podgórski et al., 2021) (Pilch et al., 2020). La prevalencia de alteraciones de la mioglobina es del 60% (**Tabla 2**).

El lactato fue analizado en 3 artículos, en donde, en 2 los valores aumentaron y en 1 (Podgórski et al., 2021). La prevalencia de alteraciones de lactato es del 66% (**Tabla 2**).

Para los biomarcadores como ALT, AST, MDA y BNP solo fueron analizados en un artículo y todos los biomarcadores se encontraban alterados, debido a que solo existe un artículo no se puede realizar la prevalencia de estos biomarcadores. Todo se representa en la **Figura 2**.

Tabla 2*Prevalencia de las alteraciones de los biomarcadores de daños muscular.*

Estudio	Prevalencia	Concentraciones
		CK
		Cr:285,40 U/L.
1	Efectos de la suplementación con creatina durante 4 semanas combinada con entrenamiento complejo sobre el daño muscular y el rendimiento deportivo -Después de las 24 y 48 horas aumentaron en el grupo suplementado con creatina (Cr) y el grupo placebo (Pla).	Pla: 347,13 U/L. Durante 48 h después del entrenamiento: Cr: 167,13 U/L. Pla: 229,80 U/L.
2	El efecto de la suplementación con ácidos grasos poliinsaturados Omega-3 sobre el daño muscular inducido por el ejercicio En ambos grupos (Placebo/Suplementados) aumentaron a las 24, 48 y 72 horas.	En grado de variabilidad fue de 65 a 4939 U/L.
3	Efectos de Traumeel (Tr14) sobre la respuesta al daño muscular inducido por el ejercicio en sujetos sanos: un ECA doble ciego -Se observó un aumento inducido por ejercicio de la CK y LDH. -La LDH alcanzó su punto máximo 3 horas después de haber realizado el esfuerzo físico. -La CK alcanzó su punto máximo a las 24 horas.	No existen valores.
4	Efectos de los Sucesivos Partidos de Judo en los Marcadores de Fatiga y Daño Muscular. La CK aumento significativamente después de los partidos, la LDH de manera similar.	

5	El ácido libre de β-hidroxi-β-metilbutirato reduce los marcadores de daño muscular inducido por el ejercicio y mejora la recuperación en hombres entrenados en resistencia.	La CK aumento.	-Los niveles séricos de CK eran los mismos en los sujetos que recibieron suplementos de placebo 141 U/L.
6	Una dosis única de antagonistas de los receptores de histamina antes de correr cuesta abajo altera los marcadores de daño muscular y dolor muscular de aparición tardía	Los valores de CK tendieron a ser más altos después del ejercicio en el grupo de bloqueo en comparación con el grupo de control.	-La CK sérica en el grupo placebo aumentó a 604 U/L después de 48 h. - Antes del ejercicio control (152 U/L).
7	Un ingrediente múltiple que contiene carbohidratos, proteínas L-glutamina y L-carnitina atenúa la percepción de fatiga sin efecto sobre el rendimiento, el daño muscular o la inmunidad en los jugadores de fútbol.	Para Mb, en el Pla mostro valores más altos a la hora que el post, a las 24 horas volvió a los valores basales. En el placebo, Mb disminuyó significativamente de 1h a 24h acercándose a los valores de referencia.	
8	Un enfoque práctico para monitorear biomarcadores de inflamación y daño muscular en jóvenes futbolistas durante un ciclo de entrenamiento de 6 meses.	En T3 y T4, hubo un aumento estadísticamente significativo en la actividad de LDH y CK, también n el período competitivo en relación con el período de pretemporada. Se observó valores significativamente más altos de CK a mitad de temporada y su disminución debido a la reducción de las cargas de entrenamiento fuera de temporada. Para la Mb existió una variación relativamente pequeña en la concentración de Mb en los puntos de evaluación posteriores (8-10 %) y la falta de significación estadística de las diferencias en comparación con otros	CK: T1: 254,41 U/L. T4: 304,24 U/L. LDH: T1: 382,81 U/L. T4: 453,24 U/L. Mb: T1: 73,01 ± 20,64. T4: 79,72 ± 19,74 mg/L.

		<p>indicadores de daño muscular (CK y LDH), pueden explicarse en este caso por nuestra muestra asumida, tomando el tiempo, que fue 36 horas después del partido.</p>	<p>Lactato: T1: $1,32 \pm 0,29$. T4: $1,26 \pm 0,28$ mmol/L.</p> <p>T1: pretemporada. T4: al final de la temporada.</p>
		<p>Las muestras se tomaron de 1-2 horas antes de la Carrera y al final de las 24 horas post carrera.</p>	
9	<p>Actividad de la isoenzima creatina cinasa durante y después de una carrera de ultradistancia (200 km).</p>	<p>La CK aumento gradualmente y significativamente, la CK-MM fue la que se elevó en mayor cantidad con un 99% de la CK total y minuciosamente la CK-MB, la CK-BB fue indetectable.</p> <p>La CK-MM aumento a los 100km y adicionalmente a los 200 km, pero disminuyo durante la recuperación de 24 horas.</p>	<p>En el presente estudio, los niveles de CK-MM fueron variables: $51-42\ 876\ \text{UI}\cdot\text{L}^{-1}$ a los 150 km y $111141726\ \text{U}\cdot\text{L}^{-1}$ los 200 km.</p>
		<p>Las muestras se tomaron antes de la carrera y 24 horas después.</p>	<p>CK: grupo experimental T1: 192.9 ± 82.7. T2: 499.3 ± 245.8.</p>
10	<p>Efectos de la ingesta de 120 g/h de carbohidratos durante un maratón de montaña sobre el daño muscular inducido por el ejercicio en corredores de élite.</p>	<p>Existió una correlación positiva significativa entre estos parámetros, lo que indica que los atletas con mayor carga de ejercicio mostraron mayores cambios de CK durante el maratón de montaña.</p>	<p>CK: grupo placebo. T1: 180.4 ± 99.7. T2: 1553.0 ± 867.0.</p> <p>LDH: grupo experimental T1: 381.9 ± 39.7. T2: 412.1 ± 29.6.</p> <p>LDH: grupo placebo. T1: 359.1 ± 49.8. T2: 489.6 ± 78.3.</p>

11	La proteína de suero hidrolizada enriquecida con dipéptido de glutamina atenúa el daño del músculo esquelético y mejora el rendimiento en pruebas de agotamiento físico en triatletas.	<p>Con MGlN aumentó los niveles de lactato en sangre a los 6 y 15 minutos después de completar la prueba de agotamiento, posiblemente debido a la glucólisis anaeróbica estimulada por glutamina.</p> <p>-Las actividades plasmáticas de la creatina quinasa total (CK-MM) y la LDH aumentaron inmediatamente después de la prueba de agotamiento.</p> <p>- Los niveles de lactato en sangre fueron un 25 % más altos en la suplementación con MGlN que con M.</p>
12	Efecto de la suplementación con beta-alanina sobre el daño celular inducido por el ejercicio y la acumulación de lactato en jugadoras de baloncesto: un estudio aleatorizado y doble ciego.	<p>La concentración de lactato aumentó después del ejercicio en las condiciones previas y posteriores a la prueba para ambos grupos.</p> <p>- Los niveles plasmáticos de LDH, CK y MDA aumentaron en respuesta al ejercicio intenso agudo tanto en el placebo como en el grupo suplementado.</p>
13	La suplementación con ácido ursólico disminuye los marcadores de daño del músculo esquelético durante el entrenamiento de resistencia en hombres entrenados en resistencia: un estudio piloto.	<p>El nivel de marcadores de daño del músculo esquelético, como CK (39,73 %), BNP (19,08 %), CK-MB (2,58 %), cortisol (14,66 %), LDH (8,23 %) y mioglobina (10,16%), mostró una ligera tendencia a aumentar con RT, pero no se alcanzó la significación estadística.</p>

Grupo RT:
Antes:
BNP (pg/ml): 1,31±0,29.
CK: 614,50±169,08
CK-MB (ng/ml): 8,50±1,43
LDH: 243,12±21,20
Mb (ng/ml)

Después:
BNP (pg/ml): 1,56±0,13
CK: 858,75±201,38
CK-MB (ng/ml): 8,72±1,38
LDH: 263,37±25,25
Mb (ng/ml): 46,72±5,33

14

El efecto de la suplementación con vitamina D sobre el daño muscular después del ejercicio excéntrico en hombres jóvenes: un ensayo controlado aleatorizado.

-Los valores de los marcadores se elevaron después del ejercicio como resultado de las células musculares dañadas.

-Las concentraciones de Mb obtenidas 1 h después de la Prueba I fueron estadísticamente más altas en todos los grupos, pero las medidas en la hora 24 fueron significativamente más bajas que al inicio.

-La actividad de LDH medida 1 h antes y 1 h después de la Prueba II fue estadísticamente significativamente diferente entre los grupos.

-La actividad de CK medida 1 h después del ejercicio fue, nuevamente, significativamente más alta que al inicio en todos los grupos, y sus niveles en la hora 24 fueron más altos que los obtenidos durante las dos mediciones anteriores.

Grupo RT+AU:

Antes:

BNP (pg/ml): 1,94±0,24

CK: 811,25±144,53

CK-MB (ng/ml): 9,96±0,72

LDH: 287,37±22,33

Mb (ng/ml): 51,06±4,37

Después:

BNP (pg/ml): 1,04±0,19

CK: 251,35±88,86

CK-MB (ng/ml): 6,47±0,96

LDH: 215,75±12,94

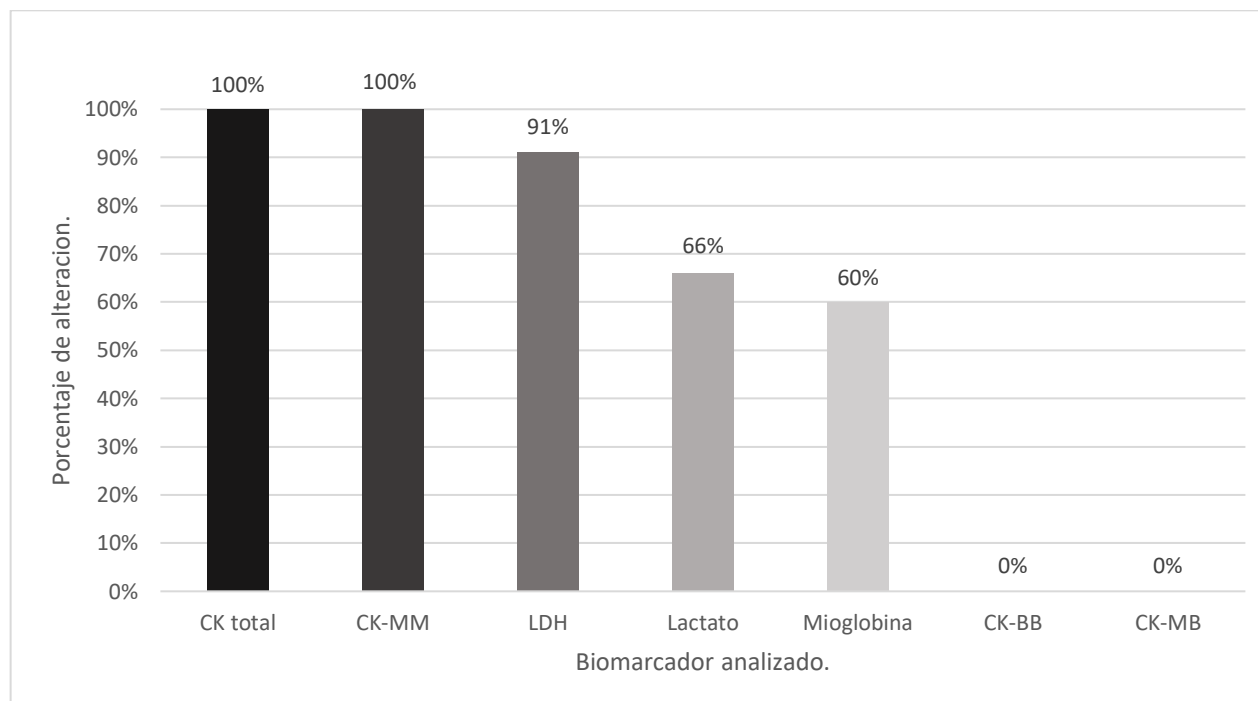
Mb (ng/ml): 37,80±5,30.

15	Respuesta de biomarcadores a una temporada competitiva en jugadoras de fútbol de la División I.	La creatina quinasa aumentó significativamente en T2 antes de volver a los valores iniciales en T3 y T4. La creatina quinasa aumentó nuevamente y alcanzó su valor más alto en T5.	T1: 137,96±148,28 T5: 306,45±373,60
16	Impacto del daño muscular inducido por el ejercicio en los resultados de las pruebas de rendimiento en jugadoras de baloncesto de élite.	Las respuestas agudas del entrenamiento específico del baloncesto mostraron que la CK aumentó significativamente en T 24, lo que sugiere que se produjo daño en las fibras musculares como resultado de la sesión de entrenamiento.	Tbase: 145,9±103,7 T24 horas: 318,5±102,3

Nota: CK (creatin quinasa), Cr (grupo suplementado con creatina), Pla (grupo placebo), LDH (lactato deshidrogenasa), Mb (mioglobina), T (tiempos en que fueron tomadas las muestras), MSM (metilsulfonilmetanol), MGlN (suero hidrolizado enriquecida con dipéptido de glutamina), MDA (malondialdehído), BNP (péptido natriurético tipo B), T (tiempo en que se tomó la muestra), RT (entrenamiento de resistencia), AU (ácido ursólico).

Figura 2

Prevalencia de las alteraciones de los biomarcadores de daño muscular.



- Identificar los factores de riesgo que se asocian a la alteración de biomarcadores de daño muscular en deportistas.

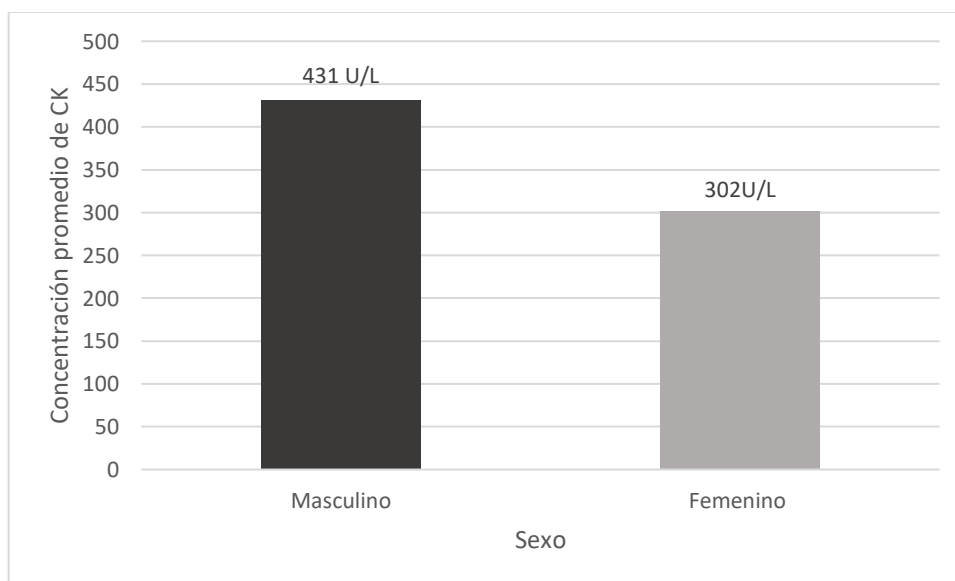
Existen factores que pueden afectar las concentraciones de los diferentes biomarcadores como son la edad, el sexo y la ingesta de suplementos, estos últimos ayudan en el rendimiento de los deportistas y ayudan a disminuir el riesgo de daño muscular lo cual se ve evidenciado en concentraciones menores de los biomarcadores, así como también existieron biomarcadores que no alteraron los biomarcadores de daño muscular.

Mencionada alteración de los biomarcadores, pueden producirse por factores de riesgo como por ejemplo la edad. Otro factor que debe ser mencionado es el sexo ya que se observa un mayor índice de alteraciones de los biomarcadores de daño muscular en hombres lo cual se debe a que hombres tienen mayor masa muscular comparado con mujeres.

De acuerdo con los valores analizado de CK se puede evidenciar que existen concentraciones más altas en hombres comparadas con los valores de mujeres, para las mujeres existió un promedio de 302 U/L (Walker et al., 2019) (Urt & Oods, 2018), para hombres fue de 431 U/L (Wang et al., 2018) (Wilson et al., 2013) (Naclerio et al., 2015)(Podgórski et al., 2021) (**Tabla 3**).

Figura 3

Sexo

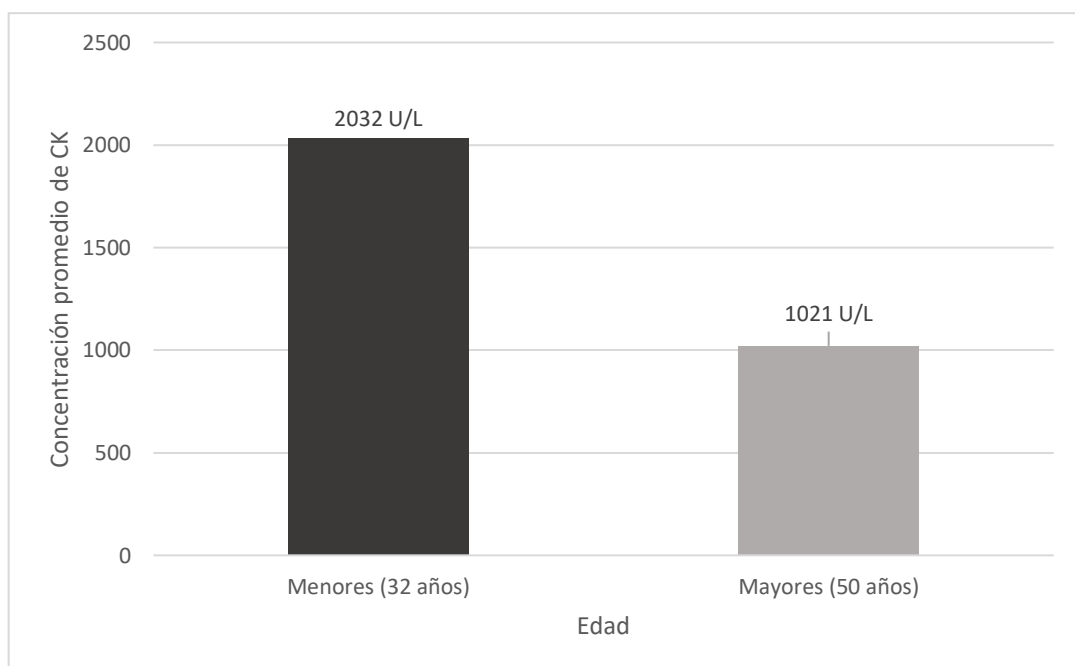


La edad también es un determinante importante dentro del daño muscular inducido por ejercicio, en un estudio se logró evidenciar que para deportistas jóvenes con edad media de 32

años tiene valores menores de LDH (518 U/L) mientras que los adultos tuvieron valores mayores (573 U/L) para la CK las personas jóvenes tuvieron valores mayores (2032 U/L) mientras que las concentraciones de esta enzima fueron menores en adultos (1021 U/L). Con lo cual en mencionado estudio se llegó a la conclusión de que la respuesta el esfuerzo físico se deteriora con la edad (Jastrzębski et al., 2015) (**Tabla 3**).

Figura 4

Edad



Para realizar la medición de estos biomarcadores en deportistas se debe tener en cuenta que, para mejorar su rendimiento, muchos de ellos ingieren suplementos, los cuales les ayuda a mejorar su rendimiento y muchos tienen efecto sobre la prevención de daño muscular lo cual se ve evidenciado en las concentraciones menores de los biomarcadores de daño muscular comparando el placebo con los deportistas que han sido suplementados. Se observó un suplemento que aumentó las concentraciones de los biomarcadores, antes del ejercicio control (152 ± 31 U/l) grupo bloqueo (205 ± 40 U/l) (Ely et al., 2017) (Tabla 3). Existen suplementos en los cuales tuvieron efecto sobre los biomarcadores ya que se comparó valores del placebo y de los deportistas que fueron suplementados, en donde, se observó una mayor concentración de biomarcadores en el placebo en comparación con los que fueron suplementados (Wang et al., 2018), (Córdova-Martínez et al., 2021), (Kyriakidou et al.,

2021), (Wilson et al., 2013), (Viribay et al., 2020), (Peres et al., 2023), (Bang et al., 2017) (Pilch et al., 2020), (Residente, 2019). También existen biomarcadores los cuales no tuvieron casi ningún efecto sobre los biomarcadores ya que no existió una diferencia significativa entre el placebo y los deportistas suplementados, es decir, existió una ligera disminución en quienes fueron suplementados (Withee et al., 2017) (Naclerio et al., 2015). También existieron suplementos los cuales no tuvieron ningún efecto sobre los biomarcadores (Muders et al., 2016) (Gholami et al., 2022) (Tabla 3) (Figura 5).

Figura 5

Porcentaje de variación de acuerdo a los suplementos analizados

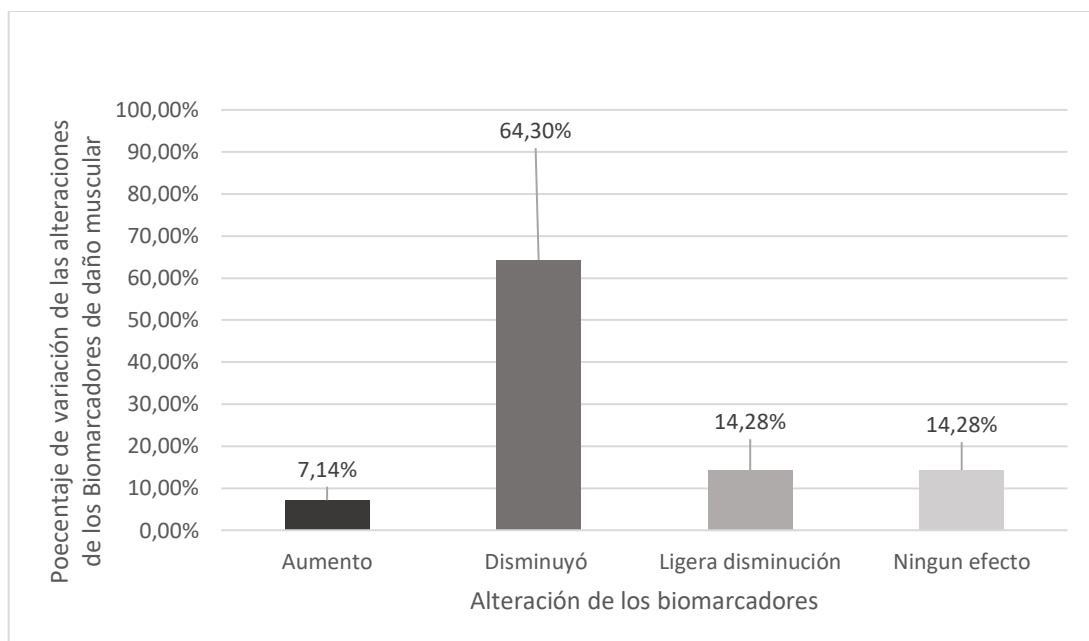


Tabla 3*Factores de riesgo asociados con las alteraciones de los biomarcadores de daño muscular*

Estudio	Prevalencia	Concentraciones	Sexo	Edad	Deporte	Suplemento y placebo	Hidratación
1	Efectos de la suplementación con creatina durante 4 semanas combinada con entrenamiento complejo sobre el daño muscular y el rendimiento deportivo	Después de las 24 y 48 horas aumentaron en el grupo Cr y Pl. Cr: $285,40 \pm 77,58$ Pla: $347,13 \pm 93,57$ U/L Durante 48 h después del entrenamiento: Cr $167,13 \pm 59,13$ vs. Pla $229,80 \pm 58,15$ U/L	30 sujetos masculinos (10 para cada deporte)	20	Se practicaron 3 deportes. Béisbol, baloncesto y tchoukball	En el grupo Cr la CK se redujo significativamente en comparación con el grupo Pl.	
2	Efecto de la Suplementación con Glutamina sobre Biomarcadores de Daño Muscular en Jugadores Profesionales de Baloncesto	Primera muestra de sangre 7 días antes.	Masculinos	25 años	Baloncesto	La liberación de CK y Mb fue significativamente menor comparando el grupo suplementado con placebo.	
3	El efecto de la suplementación con ácidos grasos poliinsaturados Omega-3 sobre el daño muscular inducido por el ejercicio	En grado de variabilidad fue de 65 a 4939 U/L.	23 hombres	18 a 35 años	No específica deporte.		No hubo cambios significativos en el estado de hidratación (solo se observó el estado de

4	Efectos de Traumeel (Tr14) sobre la respuesta al daño muscular inducido por el ejercicio en sujetos sanos: un ECA doble ciego	Se observó un aumento inducido por ejercicio de la CK y LDH.		95 hombres	18-40 (media 25)	No específica	Se evidenció una tendencia hacia niveles más bajos de marcadores séricos de daño muscular después de la ingestión de Tr14 después del ejercicio excéntrico, lo que sugiere un efecto protector sobre la integridad muscular.
5	El ácido libre de β -hidroxi- β -metilbutirato reduce los marcadores de daño muscular inducido por el ejercicio y mejora la recuperación en hombres entrenados en resistencia.	La CK aumento.	La concentración inicial CK placebo y HMB-FA (141 y 158 UI/l, respectivamente). -La CK: después de 48 horas placebo 604 UI/l. Grupo HMB-FA: 322UI/L.	20 hombres	21 años	Entrenadores de fuerza (GYM)	
6	Una dosis única de antagonistas de los receptores de histamina antes de correr cuesta abajo altera los marcadores de daño muscular y	Los valores de creatina quinasa tendieron a ser más altos después del ejercicio en el grupo de bloqueo en	Antes del ejercicio control (152 ± 31 U/l) grupo bloqueo (205 ± 40 U/l).	20 individuos, 7 mujeres y 13 hombres	23 ± 6	Corredores	

	dolor muscular de aparición tardía	comparación con el grupo de control.					
7	Un ingrediente múltiple que contiene carbohidratos, proteínas L-glutamina y L-carnitina atenúa la percepción de fatiga sin efecto sobre el rendimiento, el daño muscular o la inmunidad en los jugadores de fútbol.	Para Mioglobina, en el Placebo mostro valores más altos a la hora que el post, a las 24 horas volvió a los valores basales. En el placebo, Mb disminuyó significativamente de 1h a 24h acercándose a los valores de referencia.		16 hombres	24 años	Futbolistas	La ingesta de suplementos MTN o CHO no tuvo un efecto ergogénico o ergolítico (aumento o disminución de energía, respectivamente) sobre el rendimiento o los patrones de las respuestas de la creatina quinasa sérica y la IL-6 durante un período de recuperación de 24 horas.
8	Un enfoque práctico para monitorear biomarcadores de inflamación y daño muscular en jóvenes futbolistas durante un ciclo de entrenamiento de 6 meses.	En T4, hubo un aumento estadísticamente significativo en la actividad de LDH y CK. -En un periodo competitivo donde demanda más entrenamiento y exposiciones a partidos se	CK: T1: 254,41 T4: 304,24 U/L. LDH: T1: 382,81 T4: 453,24 U/L. Mb: T1: 73,01 T4: 79,72 mg/L. Lactato: T1: 1,32 T4: 1,26 mmol/L.	21 participantes masculinos	18,1 años.	Futbol	

	muestra las máximas concentraciones	T1: pretemporada. T4: al final de la temporada.			
	-Para LDH en y T4 las concentraciones fueron mayores				
	Los niveles de CK transformada logarítmicamente aumentaron significativamente.	Log CK: MSM T1: 2,26 (2,08–2,43). T4: 2,40 (2,14–2,66).			
9	Efectos del metilsulfonilmetano (MSM) sobre el estrés oxidativo inducido por el ejercicio, el daño muscular y el dolor después de una media maratón: un ensayo doble ciego, aleatorizado y controlado con placebo.	-Los niveles T4 fueron los más altos. LDH: MSM T1: 224,3 (199,2–249,3). T4: 183,1 (163,4–202,7). LDH: placebo T1: 236,5 (211,5–261,5). T4: 177,1 (157,5–196,7).	Participaron 17 mujeres y 5 hombres.	33,7 ± 6,9 años.	Corredores
					El grupo MSM tenía valores más bajos de LDH en T1 y T2, pero niveles más altos que el placebo en T3 y T4. Los niveles de CK ajustados logarítmicamente fueron ligeramente más altos en el grupo HSH que en el grupo placebo, pero las diferencias fueron mínimas.
10	Efectos de la ingesta de 120 g/h de carbohidratos	-Existió una correlación positiva	CK: grupo experimental	31 atletas masculino s.	37 ± 9,4 años.

durante un maratón de montaña sobre el daño muscular inducido por el ejercicio en corredores de élite.	significativa entre estos parámetros, lo que indica que los atletas con mayor carga de ejercicio mostraron mayores cambios de CK durante el maratón de montaña.	<p>T1: 192.9 T2: 499.3</p> <p>CK: grupo placebo. T1: 180.4 T2: 1553.0</p> <p>LDH: grupo experimental T1: 381.9 T2: 412.1</p> <p>LDH: grupo placebo. T1: 359.1 T2: 489.6</p> <p>T1: antes de la carrera. T2: a las 24 horas.</p>	69 luchadores 22±2 años	Los niveles de CK y LDH fueron más altos en el grupo deshidratado que en el hidratado.	
11	Deshidratación, daño muscular esquelético e inflamación antes de las competencias entre los luchadores de élite.	Los valores de CK en ambos grupos fueron superiores al rango de referencia. En cuanto al LDH dentro de los rangos de referencia	<p>AST U/L (0-50): D: 24,9. ND: 21,5.</p> <p>ALT U/L: D: 14,2. ND: 14,0.</p> <p>LDH U/L (0-248): D: 207,2. ND: 185,8.</p> <p>CK U/L (0-171): D: 421,0. ND: 175,8.</p>		

12	<p>La proteína de suero hidrolizada enriquecida con dipéptido de glutamina atenúa el daño del músculo esquelético y mejora el rendimiento en pruebas de agotamiento físico en triatletas.</p>	<p>- Los niveles de lactato en sangre fueron un 25 % más altos en la suplementación con MGln que con M.</p>	<p>Grupo M (maltodextrina): LDH: 715,8. CK: en reposo 66,1 U/L. M: 123,4 Glutamina: LDH en reposo: 497,9 U/L. CK: 91,0 UI/L</p>	<p>8 atletas masculinos de triatlón.</p>	<p>24,9 ± 4,0 años</p>	<p>-La suplementación con MGln atenuó el aumento en las actividades totales de creatina quinasa, CK-MM y LDH.</p>
13	<p>Daño al Hígado y Músculo Esquelético en Corredores de Maratón Durante una Carrera de 100 km en Relación con la Edad y la Velocidad de Carrera.</p>	<p>Existió un aumento considerable de LDH y CK. Durante el reposo se observó un aumento significativo relacionado con los valores en reposo o durante la carrera.</p>	<p>LDH: 1: A: 277,0 B: 236,0 6: A: 518,8 B: 573,6 CK: 1: A: 114,2 B: 177,6 6: A: 2032,1 B: 1021,5</p>	<p>14 hombres.</p>	<p>- 43,3 6 ± 11,8 3 años - Grupo o más jóvenes (grupo A, 32 ± 5,33 años) y mayores (grup</p>	<p>corredores de ultramaratón.</p>

					o B, 50,5 6 ± 9,7 años)		
14	Efecto de la suplementación con beta-alanina sobre el daño celular inducido por el ejercicio y la acumulación de lactato en jugadoras de baloncesto: un estudio aleatorizado y doble ciego.	- La concentración de lactato aumentó después del ejercicio. - Los niveles plasmáticos de LDH, CK y MDA aumentaron en respuesta al ejercicio intenso en el placebo y en el grupo suplementado.		20 jugadoras	21,7 ± 1,2 años	Baloncesto	Cuatro semanas de suplementación con BA no tuvieron un efecto significativo sobre la actividad de CK, LDH y MDA en jugadoras universitarias de baloncesto.
15	La suplementación con ácido ursólico disminuye los marcadores de daño del músculo esquelético durante el entrenamiento de resistencia en hombres entrenados en resistencia: un estudio piloto.	El nivel de marcadores de daño del músculo esquelético, como CK (39,73 %), BNP (19,08 %), CK-MB (2,58 %), cortisol (14,66 %), LDH (8,23	Grupo RT+AU: Antes: BNP (pg/ml): 1,94 CK: 811,25 CK-MB (ng/ml): 9,96 LDH: 287,37 Mb (ng/ml): 51,06 Después: BNP (pg/ml): 1,04 CK: 251,35	16 hombres	33,00 ± 1,30 años.	Entrenados en resistencia.	En el grupo RT+UA, la suplementación con UA disminuyó significativamente los niveles de BNP, CK, CK-MB y LDH.

		% y mioglobina (10,16%)	CK-MB (ng/ml): 6,47 LDH: 215,75 Mb (ng/ml): 37,80			
16	El efecto de la suplementación con vitamina D sobre el daño muscular después del ejercicio excéntrico en hombres jóvenes: un ensayo controlado aleatorizado.	-Para Mb, 1 h después de la Prueba fue más alta, pero a las 24 horas fueron más bajas. -La actividad de CK medida a las 24 horas fueron más altos.		60 hombres		
17	Respuesta de biomarcadores a una temporada competitiva en jugadoras de fútbol de la División I.	La creatina quinasa aumentó significativamente en T2 antes de volver a los valores iniciales en T3 y T4. La creatina quinasa aumentó nuevamente y alcanzó su valor más alto en T5.	T1: 137,96±148,28. T2: 263,84±224,00 T3: 162,60±133,45 T4: 130,56±86,64. T5: 306,45±373,60	25 mujeres	20 ± 1,1 años.	Futbol
18	Impacto del daño muscular inducido por el ejercicio en los resultados de las pruebas de rendimiento en		Tbase: 145,9 T24: 318,5	10 jugadoras	25,6 ± 4,5 años	Baloncesto

jugadoras de
baloncesto de élite.

Nota: CK (creatin quinasa), Cr (grupo suplementado con creatina), Pla (grupo placebo), LDH (lactato deshidrogenasa), Mb (mioglobina), T (tiempos en que fueron tomadas las muestras), MSM (metilsulfonilmetanol), MGln (suero hidrolizado enriquecida con dipéptido de glutamina), MDA (malondialdehído), BNP (péptido natriurético tipo B), T (tiempo en que se tomó la muestra), RT (entrenamiento de resistencia), AU (ácido ursólico).

.

7. Discusión

Con toda la información obtenida se puede observar que existen analitos que pueden ser utilizados como biomarcadores de daño muscular, entre los cuales destacan la creatin quinasa (CK), sus isoenzimas, la CK-MM, la CK-BB y la CK-MB, lactato deshidrogenasa (LDH), la mioglobina. En otra bibliografía se consideró dentro de los biomarcadores de daño muscular la MDA, BNP, DOMS, ALT y AST.

La CK fue la enzima más utilizada ya que se utilizó en todos los estudios analizados que corresponde al 100%, la CK-MB en el 10%, la CK-MM, CK-MB en un 5%, la LDH correspondió al 60%, la mioglobina en el 25%, el lactato en 15%, AST y ALT en 5%, la MDA en un 5% y la BNP en un 5%. Por su lado la CK es la enzimas utilizada para ayudar en la determinación de daño muscular lo cual se debe a que, la CK es una enzima que se encuentra en grandes concentraciones en el sarcómero y células mitocondriales de los miocitos sanos, dicha enzima junto con la LDH brindan información útil sobre el estado del músculo y sobre todo la adaptación metabólica del músculo esquelético, sus concentraciones en suero son bajas (VR: CK: 174U/L en hombre y 140 U/L en mujures) pero aumentan ante un ejercicio intenso.

Al realizar ejercicio físico exhaustivo se producen cambios adversos en el organismo lo cual se puede evidenciar por marcadores bioquímicos entre los que tenemos (Podgórski et al., 2021), de la misma, manera los músculos son inducidos a un estrés, con lo que se produce un aumento en las concentraciones de calcio citosólico lo cual da paso a la activación de las enzimas proteolíticas aumentando la permeabilidad de la membrana y posterior liberación de enzimas como CK, LDH, CK-MM, AST y AST al torrente sanguíneo, por su parte la CK es considerada como un biomarcadores indirecto de daño muscular, esta enzima puede tener una gran variabilidad y puede ser afectada por factores individuales y variables del ejercicio, pero evaluar este biomarcador antes y después de realizar ejercicio físico puede ser de gran utilidad para detectar daño muscular. Los niveles de CK pueden variar dependiendo las características contráctiles, así como con diferentes tipos de ejercicios (Son et al., 2015).

Durante el ejercicio físico se produce también un aumento de la IL-6, si bien este no es un marcador de daño muscular, esta activa la AMPK del músculo esquelético al activar la concentración de cAMP y en segundo lugar la relación AMP:ATP, es decir, aumentan las concentraciones de AMP y disminuyen las concentraciones de ATP (Naclerio et al., 2015).

Al realizar ejercicio físico se producen adaptaciones funcionales y estructurales (daño muscular estructural transitorio) los cuales conllevan a mejorar el rendimiento eso sin importar si la preparación física es en fuerza, resistencia, velocidad, etc (Podgórski et al., 2021).

En los estudios analizados se pudo evidenciar que existe una gran prevalencia en cuanto a la alteración de los biomarcadores de daño muscular en deportistas. Como ya se mencionó, esto es debido a la ruptura del sarcómero lo cual permite la salida de mencionadas enzimas, a la vez, es importante mencionar que estos biomarcadores pueden ser utilizados para monitorear la recuperación de los deportistas. Al realizar ejercicio intenso, los deportistas realizan ejercicio físico continuo y el mismo es de forma exigente ya sea dentro de una carrera o en entrenamiento, aquí se produce un estrés en el musculo lo cual da como resultado la ruptura del sarcómero y posterior liberación de enzimas al torrente sanguíneo por lo que, en todos los estudios analizados se observa que existe un gran aumento de dichos biomarcadores, esto se pudo evidenciar al realizar la medición de los mismo antes y después de haber realizar el esfuerzo físico.

Mencionada alteración de los biomarcadores, pueden producirse por factores de riesgo como por ejemplo la edad. Otro factor que debe ser mencionado es el sexo ya que se observa un mayor índice de alteraciones de los biomarcadores de daño muscular en hombres lo cual se debe a que hombres tienen mayor masa muscular comparado con mujeres.

La hormona sexual estradiol afecta la salida de CK, así también, el estrógeno influye en la propiedades contráctiles por lo que va a disminuir el daño muscular por lo que también disminuye las concentraciones de CK en sangre durante el periodo de recuperación (Son et al., 2015).

Para realizar la medición de estos biomarcadores en deportistas se debe tener en cuenta que, para mejorar su rendimiento, para mantener el acondicionamiento corporal y también para mejorar la recuperación, muchos utilizan ayuda ergogénica (suplementación), los cuales les ayuda a mejorar su rendimiento y muchos tienen efecto sobre la prevención de daño muscular lo cual se ve evidenciado en las concentraciones menores de los biomarcadores de daño muscular comparando el grupo placebo con los deportistas que han sido suplementados.

Se evidenció que un suplemento aumentó las concentraciones de los biomarcadores, antes del ejercicio control (152 ± 31 U/l) grupo bloqueo (205 ± 40 U/l). En dicho estudio, se

administró antagonistas de histaminas a deportistas, se especulaba que la histamina esta involucrada en la inflamación después de haber ocurrido el daño muscular permitiendo la migración de neutrófilos y macrófagos para así iniciar la descomposición y reparación de las fibras musculares que han sufrido de daño. Se presumió que al bloquear las acciones de la histamina sea eficaz para reducir la migración de células y fluidos inmunitarios y bloquear la sensibilización de nervios aferentes, pero al provocar esto se producía un retraso en la recuperación del musculo, al disminuir el flujo sanguíneo puede provocar un mayor estrés metabólico y por ende una potenciar el daño muscular (Ely et al., 2017).

Existen suplementos en los cuales tuvieron efecto sobre los biomarcadores ya que se comparó valores del placebo y de los deportistas que fueron suplementados, en donde, se observó una mayor concentración de biomarcadores en el placebo en comparación con los que fueron suplementados (Wang et al., 2018), (Córdova-Martínez et al., 2021), (Kyriakidou et al., 2021), (Wilson et al., 2013), (Viribay et al., 2020), (Peres et al., 2023), (Bang et al., 2017) (Pilch et al., 2020), (Residente, 2019). Es decir, todos estos suplementos tuvieron un efecto protector ante el daño muscular.

Suplementos como la creatina tiene su efecto protector a través del mecanismo de estabilizar el sarcómero y regulan la permeabilidad mitocondrial, con lo cual va reducir los valores de CK en el torrente sanguíneo después de haber realizado esfuerzo físico (Wang et al., 2018). Así como otros suplementos que tienen efecto sobre la membrana celular.

También existen biomarcadores los cuales no tuvieron casi ningún efecto sobre los biomarcadores ya que no existió una diferencia significativa entre el placebo y los deportistas suplementados, es decir, existió una ligera disminución en quienes fueron suplementados (Withee et al., 2017) (Naclerio et al., 2015). También existieron suplementos los cuales no tuvieron ningún efecto sobre los biomarcadores (Muders et al., 2016) (Gholami et al., 2022).

La hidratación también juega un papel importante en el estado muscular, para Isik Ozkan y Cicioglu H. Ibrahim en un estudio realizado sobre el daño muscular inducido por ejercicio en deportistas deshidratados con los no deshidratados, en donde se obtuvo valores de CK en deshidratados de 421 U/L y no deshidratados de 175 U/L, para la LDH en deshidratados un 207 U/L y en no deshidratados de 185 U/L. Estos indicadores de daño muscular se encuentran en mayor concentración en los que estaban deshidratados que los no

estaban deshidratados lo que sugirió que la deshidratación potencia el daño muscular esquelético.

Con todo lo mencionado se puede decir que, no se puede utilizar un solo tipo de biomarcador para determinar daño muscular, para ello, se debe utilizar más de uno descartar la CK total, su isoenzima CK-MM y la LDH puesto que estas enzimas se liberan al momento que se realiza ejercicio y el músculo se encuentra en estrés y da a la liberación de estas enzimas las cuales pueden ser detectadas en suero. Para la determinación de daño muscular, debe ir acompañada la medición de estos biomarcadores junto con la anamnesis del médico puesto que cuando existe un daño muscular se presentan síntomas como dolor, hinchazón, pérdida de potencia, el rango de movimiento es reducido y existe una escasa recuperación, a más de ello, por la inflamación puede ir acompañada de un aumento de IL-1, IL-6, IL-10 y también proteínas de fase aguda (Kyriakidou et al., 2021).

La LDH considerando esta última tiene menor estabilidad que la CK, por otra parte la mioglobina y lactato no tuvieron cambios significativos; la CK total, su isoenzima CK-MM y la LDH puesto que estas enzimas se liberan al momento que se realiza ejercicio y el músculo se encuentra en estrés y da a la liberación de estas enzimas las cuales pueden ser detectadas en suero (Son et al., 2015).

Limitaciones

En esta revisión sistemática se encontraron algunas limitaciones. Gran parte de las publicaciones con estudios relevantes requerían suscripción y pago previo para su acceso, por lo que se optó por investigar trabajos en otras bases de datos trascendentales, como PubMed, Scielo, Lilacs; otra limitante fue que no existe mucha información de biomarcadores de daño muscular en deportistas en nuestra localidad. Finalmente, los predictores identificados a partir de los estudios fueron difíciles de comparar, ya que en los artículos se utilizaron diferentes estrategias de muestreo, métodos de recolección de datos, diseños de estudios, método por el cual se midieron y periodo en el cual se tomó la muestra. A pesar de lo mencionado, se ha recopilado información importante para la realización de esta revisión sistemática que nos ha permitido conocer cuáles son las alteraciones y los factores que pueden intervenir en la medición de los mismo.

8. Conclusiones.

- Los biomarcadores que pueden ser utilizados para ayudar a determinar daño muscular son la LDH, la CK total y de esta su isoenzima CK-MM ya que esta última se encuentra en el musculo esquelético que es en donde se produce el daño y liberación de mencionados biomarcadores.
- En cuanto a la alteración de los biomarcadores de daño muscular, se pudo constatar con los artículos analizados, que existió un aumento de los biomarcadores, es importante mencionar que la estabilidad de la CK es mayor comparándola con otros biomarcadores como la LDH y mioglobina que si tiempo de vida en suero es mucho menor.
- Biomarcadores como el sexo, edad y ciertas suplementaciones influyen en las concentraciones de los biomarcadores de daño muscular. En cuanto al sexo, en hombres existe mayores concentraciones de los biomarcadores; en cuanto a edad existió mayor concentración de biomarcadores en deportistas más jóvenes; deportistas que fueron suplementados con (agregar suplemento) tuvieron valores mayores de los biomarcadores, así como existieron suplementos con efecto protector.

9. Recomendaciones.

- Con lo analizado es importante tener en cuenta el periodo de descanso antes de realizarse, por lo menos de 48 horas para así poder detectar algún tipo de daño muscular que no sea a causa de ejercicio y sea este por alguna otra patología.
- Para la determinación de daño muscular, no se debe utilizar un solo biomarcador ya que con un solo valor no se puede diagnosticar, se debe realizar la medición de más biomarcadores.
- Es importante cuando se determine IL-6 y estradiol (en mujeres) cuando se va a determinar los biomarcadores de daño muscular en deportistas puesto que estos influyen sobre las concentraciones de los mismo, en el caso de la IL-6 induce al aumento de la enzima quinasa y el estradiol atenúa las concentraciones de los biomarcadores.

10. Bibliografía.

- Bang, H. S., Seo, D. Y., Chung, Y. M., Kim, D. H., Lee, S. J., Ryul, S., Kwak, H. B., Kim, T. N., Kim, M., Oh, K. M., Son, Y. J., Kim, S., & Han, J. (2017). Ursolic acid supplementation decreases markers of skeletal muscle damage during resistance training in resistance-trained men: A pilot study. *Korean Journal of Physiology and Pharmacology*, *21*(6), 651–656. <https://doi.org/10.4196/kjpp.2017.21.6.651>
- Córdova-Martínez, A., Caballero-García, A., Bello, H. J., Pérez-Valdecantos, D., & Roche, E. (2021). Effect of glutamine supplementation on muscular damage biomarkers in professional basketball players. *Nutrients*, *13*(6), 1–9. <https://doi.org/10.3390/nu13062073>
- Ely, M. R., Romero, S. A., Sieck, D. C., Mangum, J. E., Luttrell, M. J., & Halliwill, J. R. (2017). A single dose of histamine-receptor antagonists before downhill running alters markers of muscle damage and delayed-onset muscle soreness. *Journal of Applied Physiology*, *122*(3), 631–641. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00518.2016>
- Gholami, F., Ali, A., Hasani, A., & Zarei, A. (2022). Effect of Beta-Alanine Supplementation on Exercise-Induced Cell Damage and Lactate Accumulation in Female Basketball Players: a Randomized, Double-Blind Study. *Journal of Human Kinetics*, *83*(1), 99–107. <https://doi.org/10.2478/hukin-2022-0034>
- Jastrzębski, Z., Zychowska, M., Radzimiński, Ł., Konieczna, A., & Kortas, J. (2015). Damage to liver and skeletal muscles in marathon runners during a 100 km run with regard to age and running speed. *Journal of Human Kinetics*, *45*(1), 93–102. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0010>
- Kyriakidou, Y., Wood, C., Ferrier, C., Dolci, A., & Elliott, B. (2021). The effect of Omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation on exercise-induced muscle damage. *Journal*

of the International Society of Sports Nutrition, 18(1), 1–11.

<https://doi.org/10.1186/s12970-020-00405-1>

Muders, K., Pilat, C., Deuster, V., Frech, T., Krüger, K., Pons-Kühnemann, J., & Mooren, F. C.

(2016). Effects of Traumeel (Tr14) on Exercise-Induced Muscle Damage Response in Healthy Subjects: A Double-Blind RCT. *Mediators of Inflammation*, 2016.

<https://doi.org/10.1155/2016/1693918>

Naclerio, F., Larumbe-Zabala, E., Cooper, R., Allgrove, J., & Earnest, C. P. (2015). A multi-

ingredient containing carbohydrate, proteins L-glutamine and L-carnitine attenuates fatigue perception with no effect on performance, muscle damage or immunity in soccer players. *PLoS ONE*, 10(4), 1–17. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125188>

Ozkan, I., & Ibrahim, C. H. (2016). Dehydration, skeletal muscle damage and inflammation

before the competitions among the elite wrestlers. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(1), 162–168. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.162>

Peres, F. P., Levada-Pires, A. C., Vieira, M., Hatanaka, E., Cury-Boaventura, M. F., Folador, A.,

Gorjão, R., Hirabara, S. M., Santos-Silva, P. R., Deuster, P. A., Curi, R., & Pithon-Curi, T. C. (2023). Hydrolyzed whey protein enriched with glutamine dipeptide attenuates skeletal muscle damage and improves physical exhaustion test performance in triathletes.

Frontiers in Sports and Active Living, 4(January), 1–14.

<https://doi.org/10.3389/fspor.2022.1011240>

Petra, D., & Mateos-Cáceres, J. (2019). Marcadores sanguíneos. *Libro de La Salud*

Cardiovascular, 1, 231–238.

Pilch, W., Kita, B., Piotrowska, A., Tota, Maciejczyk, M., Czerwińska-Ledwig, O., Sadowska-

Krepa, E., Kita, S., & Pałka, T. (2020). The effect of vitamin D supplementation on the muscle damage after eccentric exercise in young men: a randomized, control trial.

Journal of the International Society of Sports Nutrition, 17(1), 1–10.

<https://doi.org/10.1186/s12970-020-00386-1>

Podgórski, T., Kryściak, J., Pluta, B., Adrian, J., Marynowicz, J., Krzykała, M., Konefał, M., Chmura, P., Chmura, J., & Andrzejewski, M. (2021). A Practical Approach to Monitoring Biomarkers of Inflammation and Muscle Damage in Youth Soccer Players during a 6-Month Training Cycle. *Journal of Human Kinetics*, 80(1), 185–197.

<https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0093>

Pupo, D. (n.d.). *EFFECTS OF SUCCESSIVE JUDO MATCHES ON FATIGUE AND MUSCLE DAMAGE MARKERS*. 1010–1016.

Residente, R. (2019). Influence of cryotherapy on muscle damage markers in jiu-jitsu fighters after competition: a cross-over study. *Acta Médica Colombiana*, 43(2S), 176.

<https://doi.org/10.36104/amc.2018.1400>

Son, H. J., Lee, Y. H., Chae, J. H., & Kim, C. K. (2015). Creatine kinase isoenzyme activity during and after an ultra-distance (200 km) run. *Biology of Sport*, 32(3), 267–272.

<https://doi.org/10.5604/20831862.1163384>

Urt, D. E. A. N. B., & Oods, C. A. R. L. W. (2018). *IMPACT OF EXERCISE-INDUCED MUSCLE DAMAGE ON PERFORMANCE TEST OUTCOMES IN ELITE FEMALE BASKETBALL PLAYERS*. 32(6), 1731–1738.

Viribay, A., Arribalzaga, S., Mielgo-Ayuso, J., Castañeda-Babarro, A., Seco-Calvo, J., & Urdampilleta, A. (2020). Effects of 120 g/h of carbohydrates intake during a mountain marathon on exercise-induced muscle damage in elite runners. *Nutrients*, 12(5).

<https://doi.org/10.3390/nu12051367>

Walker, A. J., McFadden, B. A., Sanders, D. J., Rabideau, M. M., Hofacker, M. L., & Arent, S.

M. (2019). Biomarker Response to a Competitive Season in Division I Female Soccer Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(10), 2622–2628.

<https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003264>

Wang, C. C., Fang, C. C., Lee, Y. H., Yang, M. T., & Chan, K. H. (2018). Effects of 4-week creatine supplementation combined with complex training on muscle damage and sport performance. *Nutrients*, 10(11), 1–10. <https://doi.org/10.3390/nu10111640>

Wilson, J. M., Lowery, R. P., Joy, J. M., Walters, J. A., Baier, S. M., Fuller, J. C., Stout, J. R., Norton, L. E., Sikorski, E. M., Wilson, S. M. C., Duncan, N. M., Zanchi, N. E., & Rathmacher, J. (2013). β -Hydroxy- β -methylbutyrate free acid reduces markers of exercise-induced muscle damage and improves recovery in resistance-trained men. *British Journal of Nutrition*, 110(3), 538–544.

<https://doi.org/10.1017/S0007114512005387>

Withee, E. D., Tippens, K. M., Dehen, R., Tibbitts, D., Hanes, D., & Zwickey, H. (2017). Effects of Methylsulfonylmethane (MSM) on exercise-induced oxidative stress, muscle damage, and pain following a half-marathon: A double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14(1), 1–11.

<https://doi.org/10.1186/s12970-017-0181-z>

Arthur C. Guyton, J. H. (2011). Tratado de Fisiología médica. In *Gaceta Medica de Mexico* (Vol. 100, Issue 6). Elsevier.

Brancaccio, P., Maffulli, N., & Limongelli, F. M. (2007). Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British Medical Bulletin*, 81–82(1), 209–230. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldm014>

- Díez García, M. A., & Arteagoitia Calvo, I. (2004). Dolor muscular y articular. *Farmacia Profesional*, 18(9), 38–43. <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-dolor-odontologico-13068668>
- Gabriel Eduardo Ferrín Loor, J. C. A. P. (2020). Enzimas LDH, CK total Y CK MB en Deportistas Pertenecientes a la Federación Deportiva del Azuay, Cuenca. 2017. In *Suparyanto dan Rosad* (2015 (Vol. 5, Issue 3)).
- Gil, M. D. la I. (2018). *Ejercicios excéntricos en patologías*.
- Hernández, Á. G. (2014). *Principios de bioquímica clínica y patología molecular*. Elsevier. <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>
- Javier Baldi Monge, D. S. U. (n.d.). *El ejercicio excéntrico*. 8–9.
- Jiménez Díaz, J. (2006). Lesiones musculares en el deporte Muscular injuries in sport. *Revista Internacional De Ciencias Del Deporte*, 3(1885–3137), 13.
- López, C. J., & Fernández Vaquero, A. (2006). Fisiología del Ejercicio - López Chicharro.pdf. In *Fisiología del Ejercicio* (p. 987).
- Méndez, M., Tenesaca, T., Orellana, S., & Cárdenas, J. (2020). Marcadores de daño muscular en deportistas jóvenes de la Federación Deportiva de la Provincia Azuay, Ecuador. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 55(1), 3–10. <https://www.redalyc.org/journal/535/53566167002/html/#fn8>
- Morillo-Baro, J. P., Reigal, R. E., & Hernández-Mendo, A. (2015). Análisis del ataque posicional de balonmano playa masculino y femenino mediante coordenadas polares. *RICYDE: Revista Internacional de Ciencias Del Deporte*, 11(41), 226–244. <https://doi.org/10.5232/ricyde>

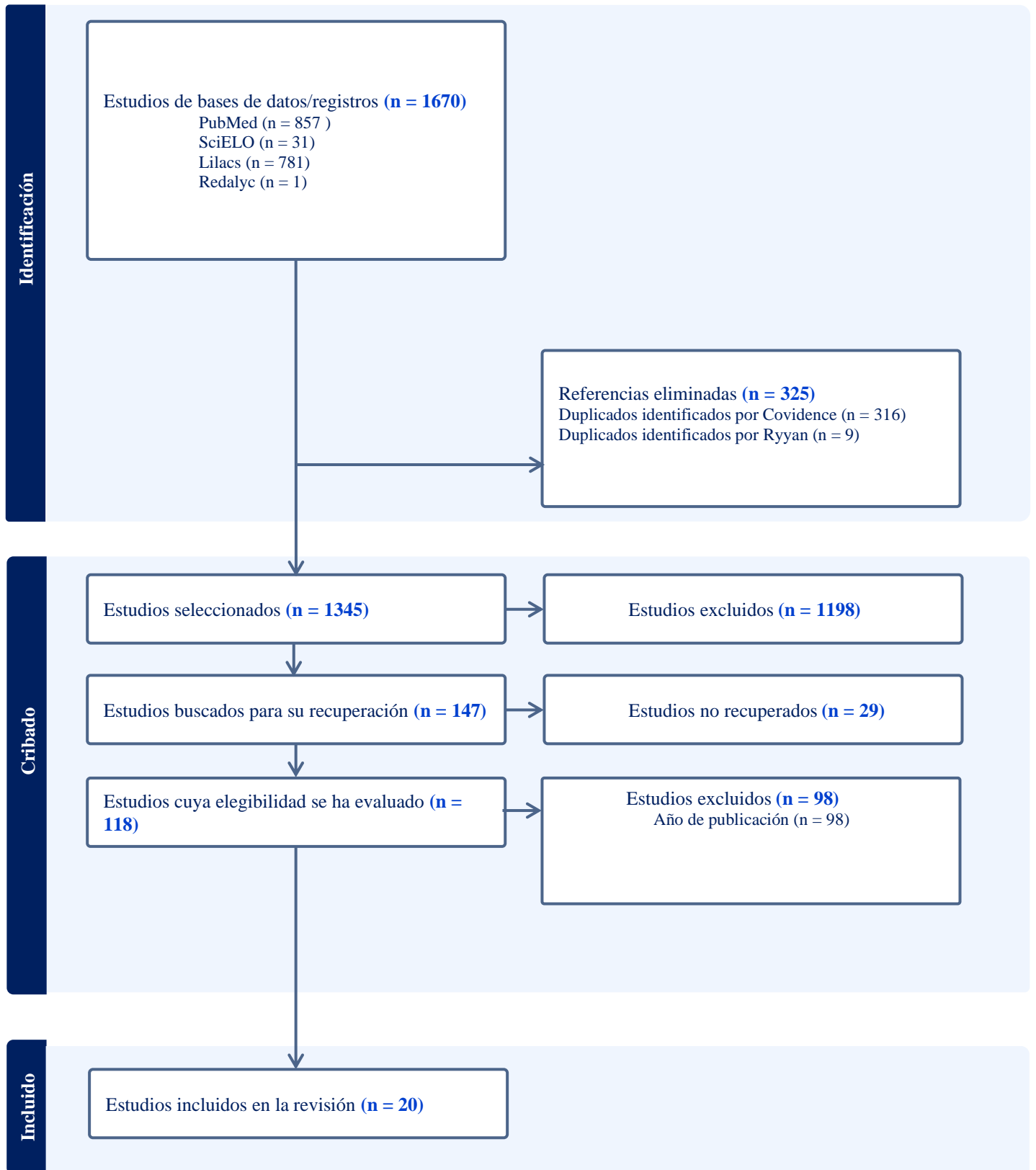
- Mosteiro-Muñoz, F.; Domínguez, R. (2017). *Efectos del entrenamiento con sobrecargas isoinerciales sobre la función muscular*. 3, 18.
http://femede.es/documentos/Ejercicios_excentricos_XXJJTrauma.pdf
- Narvaez, R. (2019). Análisis De Los Biomarcadores De Daño Muscular Y Su Correlación Con El Marcador De Fatiga Cmj En Patinadores De Fondo a 2600Msnm. *Universidad Nacional de Colombia*, 107.
- Olmedo, P. P. (2012). *Determinación de ácido láctico y sus factores de riesgo cardiovasculares en jugadores de la Liga Deportiva Universitaria de Loja*. 71.
- Siqueira, L. de O., Muccini, T., Agnol, I. D., Filla, L., Tibbola, P., Luvison, A., Costa, L., & Moreira, J. C. F. (2009). Biochemist plasmatic and urinary parameters analisys in marathon athletes. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia*, 53(7), 844–852.
<https://doi.org/10.1590/s0004-27302009000700008>
- Spinreact. (2015a). Creatine kinase - MB - Inmunoinhibición. Cinético UV. *Linear Chemicals S.L*, 60010383. http://www.spinreact.com/files/Inserts/Bioquimica/BEIS04_CK-MB_02-2015.pdf
- Spinreact. (2015b). *LDH*. 8–11.
- Véronique Billat. (2002). *Fisiología y Metodología del Entrenamiento* (Primera Ed). Editorial Paidotribo.

11. Anexos.

Anexo 1: Diagrama prisma:

Figura 6

Diagrama PRISMA



Anexo 2:**Tabla 4***Evaluación de la calidad*

Estudio	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	%	Rango
Wang CC, et al.	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	80%	Bajo
Córdova-Martínez A, et al.	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	80%	Bajo
Kyriakidou Y, et al.	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	EP	EP	70%	Bajo
Muders K, et al.	Si	No	Si	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	70%	Bajo
Detánico D, et al.	Si	Si	Si	EP	Si	No	No	Si	Si	Si	75%	Bajo
Wilson JM, et al.	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	80%	Bajo
Ely MR, et al.	No	Si	Si	Si	No	No	No	EP	Si	No	45%	Alto
Podgórski T, et al.	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	90%	Bajo
Son HJ, et al.	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	80%	Bajo
Withee ED, et al.	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	80%	Bajo
Viribay A, et al.	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	80%	Bajo
Ozkan I, et al.	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	100%	Bajo
Peres FP, et al.	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	90%	Bajo
Jastrzębski Z, et al.	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	80%	Bajo
Gholami F, et al.	Si	Si	Si	No	Si	No	No	Si	Si	Si	70%	Bajo
Explosión SA, et al.	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	80%	Bajo
Pilch W, et al.	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	80%	Bajo
Doma, Kenji, et al.	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	80%	Bajo
Walker, Alan J, et al.	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	90%	Bajo
Macero Méndez, et al.	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	100%	Bajo

Anexo 3:

Tabla 5

Tabla general de resultados

Año	Estudio	Biomarcador y prevalencia	Concentraciones	Sexo y edad	Edad	Deporte	Suplemento y placebo	Hidratación
1	2018	Efectos de la suplementación con creatina durante 4 semanas combinada con entrenamiento complejo sobre el daño muscular y el rendimiento deportivo	Después de las 24 y 48 horas aumentó la CK total en el grupo Cr y Pl. Durante 48 h después del entrenamiento: Cr $167,13 \pm 59,13$ vs. Pla $229,80 \pm 58,15$ U/L	- 30 sujetos masculinos (10 para cada deporte).	20	Se practicaron 3 deportes. Béisbol, baloncesto y tchoukball	En el grupo Cr la CK se redujo significativamente en comparación con el grupo Pl.	
2	2021	Efecto de la Suplementación con Glutamina sobre Biomarcadores de Daño Muscular en Jugadores Profesionales de Baloncesto	Se analizaron la CK, Mb y LDH. En la primera medición no se observaron cambios significativos. Primera muestra de sangre 7 días antes.	Masculinos.	25 años	Baloncesto	La liberación de CK y Mb fue significativamente menor comparando el grupo suplementado con placebo.	
3	2021	El efecto de la suplementación con ácidos grasos poliinsaturados Omega-3 sobre el	En ambos grupos (Pla/Suplem) aumentó la CK En grado de variabilidad fue de 65 a 4939 U/L.	-23 hombres.	18 a 35 años	No específica deporte.		No hubo cambios significativos en el estado de

		daño muscular inducido por el ejercicio	a las 24, 48 y 72 horas.					hidratación (solo se observó el estado de hidratación en la orina)
4	2016	Efectos de Traumeel (Tr14) sobre la respuesta al daño muscular inducido por el ejercicio en sujetos sanos: un ECA doble ciego	Se observó un aumento inducido por ejercicio de la CK y LDH.	-95 hombres.	18-40 (media 25)	No específica		Se evidenció una tendencia hacia niveles más bajos de marcadores séricos de daño muscular después de la ingestión de Tr14 después del ejercicio excéntrico.
5	2015	Efectos de los Sucesivos Partidos de Judo en los Marcadores de Fatiga y Daño Muscular.	La CK y LDH aumentaron significativamente después de los partidos.	Masculinos.	20,7 ± 4,6 años	Judo		
6	2013	El ácido libre de β-hidroxi-β-metilbutirato reduce los marcadores de daño muscular inducido por el ejercicio y mejora la recuperación en hombres	La CK aumento.	20 hombres	21 años	Entrenadores de fuerza (GYM)	La CK placebo y HMB-FA inicial (141 y 158 UI/l, respectivamente). -La CK: después de 48 horas placebo 604 UI/l. Grupo HMB-FA: 322UI/L.	

		entrenados en resistencia.					
7	2017	Una dosis única de antagonistas de los receptores de histamina antes de correr cuesta abajo altera los marcadores de daño muscular y dolor muscular de aparición tardía	Los valores de CK tendieron a ser más altos después del ejercicio en el grupo de bloqueo en comparación con el grupo de control.	Antes del ejercicio control (152 ± 31 U/l) grupo bloqueo (205 ± 40 U/l).	20 individuos, 7 mujeres y 13 hombres	23 ± 6	Corredores
8	2015	Un ingrediente múltiple que contiene carbohidratos, proteínas L-glutamina y L-carnitina atenúa la percepción de fatiga sin efecto sobre el rendimiento, el daño muscular o la inmunidad en los jugadores de fútbol.	Se analizó la CK y Mb. Para Mb, en el Placebo mostro valores más altos a la hora que el post, a las 24 horas volvió a los valores basales. En el placebo, Mb disminuyó significativamente de 1h a 24h acercándose a los valores de referencia.		16 hombres	24 años	Futbolistas La ingesta de suplementos MTN o CHO no tuvo un efecto ergogénico o ergolítico (aumento o disminución de energía, respectivamente) sobre el rendimiento o los patrones de las respuestas de la creatina quinasa sérica y la IL-6 durante un período de recuperación de 24 horas.

9	2021	Un enfoque práctico para monitorear biomarcadores de inflamación y daño muscular en jóvenes futbolistas durante un ciclo de entrenamiento de 6 meses.	<p>En T4, hubo un aumento estadísticamente significativo en la actividad de LDH y CK.</p> <p>-En un periodo competitivo donde demanda más entrenamiento y exposiciones a partidos se muestra las máximas concentraciones</p> <p>-Para LDH en y T4 las concentraciones fueron mayores</p>	<p>CK: T1: 254,41 T4: 304,24 U/L.</p> <p>LDH: T1: 382,81 T4: 453,24 U/L.</p> <p>Mb: T1: 73,01 T4: 79,72 mg/L.</p> <p>Lactato: T1: 1,32 T4: 1,26 mmol/L.</p> <p>T1: pretemporada. T4: al final de la temporada.</p>	21 participantes masculino	18,1 años.	Futbol
10	2015	Actividad de la isoenzima creatina cinasa durante y después de una carrera de ultradistancia (200 km).	<p>Las muestras se tomaron de 1 hora ante y al final de las 24 horas.</p> <p>La CK aumento gradualmente y</p>			Actividad de la isoenzima creatinina	CPK, CK-MB, CK-MM y CK-BB. cinasa durante

		significativamente, la CK-MM fue la que se elevó en mayor cantidad con un 99% de la CK total.		e y después de una carrera de ultradistancia (200 km).		
11	2017	<p>Efectos del metilsulfonilmetano (MSM) sobre el estrés oxidativo inducido por el ejercicio, el daño muscular y el dolor después de una media maratón: un ensayo doble ciego, aleatorizado y controlado con placebo.</p>	<p>Los niveles de CK transformada logarítmicamente aumentaron significativamente.</p> <p>-Los niveles T4 fueron los más altos.</p> <p>-La LDH también aumento significativamente desde el inicio en T1 y T2, los niveles de LDH en T3 y T4 cayeron significativamente.</p>	<p>Log CK: MSM T1: 2,26 (2,08–2,43). T2: 2,33 (2,15–2,52). T3: 2,67 (2,38–2,95). T4: 2,40 (2,14–2,66).</p> <p>Log CK: placebo T1: 2,24 (2,07–2,41). T4: 2,29 (2,03–2,55).</p> <p>LDH: MSM T1: 224,3 (199,2–249,3). T4: 183,1 (163,4–202,7).</p> <p>LDH: placebo T1: 236,5 (211,5–</p>	<p>Participaron 17 mujeres y 5 hombres.</p> <p>33,7 ± 6,9 años.</p> <p>Corredores</p>	<p>El grupo MSM tenía valores más bajos de LDH en T1 y T2, pero niveles más altos que el placebo en T3 y T4. Los niveles de CK ajustados logarítmicamente fueron ligeramente más altos en el grupo HSH que en el grupo placebo, pero las diferencias fueron mínimas.</p>

			261,5). T4: 177,1 (157,5– 196,7).			
			CK: grupo experimental T1: 192.9 T2: 499.3			
			CK: grupo placebo. T1: 180.4 T2: 1553.0			
12	2020	Efectos de la ingesta de 120 g/h de carbohidratos durante un maratón de montaña sobre el daño muscular inducido por el ejercicio en corredores de élite.	-Existió una correlación positiva significativa entre estos parámetros, lo que indica que los atletas con mayor carga de ejercicio mostraron mayores cambios de CK durante el maratón de montaña.	LDH: grupo experimental T1: 381.9 T2: 412.1	31 atletas masculino s.	37 ± 9,4 años.
			LDH: grupo placebo. T1: 359.1 T2: 489.6			
			T1: antes de la carrera. T2: a las 24 horas.			
13	2016	Deshidratación, daño muscular esquelético e inflamación antes de las competencias entre los	Los valores de CK en ambos grupos fueron superiores al rango de referencia. En cuanto al LDH dentro de los	AST U/L (0-50): D: 24,9. ND: 21,5. ALT U/L: D: 14,2. ND: 14,0.	69 luchadores	22±2 años
						Los niveles de CK y LDH fueron más altos en el grupo deshidratado que en el hidratado.

		luchadores de élite.	rangos de referencia				
				LDH U/L (0-248): D: 207,2. ND: 185,8.			
				CK U/L (0-171): D: 421,0. ND: 175,8.			
14	2022	La proteína de suero hidrolizada enriquecida con dipéptido de glutamina atenúa el daño del músculo esquelético y mejora el rendimiento en pruebas de agotamiento físico en triatletas.	- Los niveles de lactato en sangre fueron un 25 % más altos en la suplementación con MGIIn que con M.	Grupo M (maltodextrina): LDH: 715,8. CK: en reposo 66,1 U/L. Glutamina: LDH en reposo 497,9 U/L. CK: 91,0 UI/L	8 atletas masculinos de triatlón.	24,9 ± 4,0 años	-La suplementación con MGIIn atenuó el aumento en las actividades totales de creatina quinasa, CK-MM y LDH.
15	2015	Daño al Hígado y Músculo Esquelético en Corredores de Maratón Durante una Carrera de 100 km en Relación con la Edad y la Velocidad de Carrera.	Existió un aumento considerable de LDH y CK. Durante el reposo se observó un aumento significativo relacionado con los valores en reposo o	LDH: 1: A: 277,0 B: 236,0 6: A: 518,8 B: 573,6 CK: 1: A: 114,2 B: 177,6	14 hombres.	-43,36 ± 11,83 años - Grupo más jóvenes (grupo A, 32 ± 5,33	corredores de ultramaratón.

			durante la carrera.	6: A: 2032.1 B: 1021,5		años) y mayores (grupo B, 50,56 ± 9,7 años)		
16	2022	Efecto de la suplementación con beta-alanina sobre el daño celular inducido por el ejercicio y la acumulación de lactato en jugadoras de baloncesto: un estudio aleatorizado y doble ciego.	- La concentración de lactato aumentó después del ejercicio. - Los niveles plasmáticos de LDH, CK y MDA aumentaron en respuesta al ejercicio intenso en el placebo y en el grupo suplementado.		20 jugadoras	21,7 ± 1,2 años	Baloncesto	Cuatro semanas de suplementación con BA no tuvieron un efecto significativo sobre la actividad de CK, LDH y MDA en jugadoras universitarias de baloncesto.
17	2017	La suplementación con ácido ursólico disminuye los marcadores de daño del músculo	El nivel de marcadores de daño del músculo esquelético, como CK	Grupo RT+AU: Antes: BNP (pg/ml): 1,94 CK: 811,25 CK-MB (ng/ml): 9,96	16 hombres	33,00 ± 1,30 años.	Entrenados en resistencia.	En el grupo RT+UA, la suplementación con UA disminuyó significativamente

		esquelético durante el entrenamiento de resistencia en hombres entrenados en resistencia: un estudio piloto.	(39,73 %), BNP (19,08 %), CK-MB (2,58 %), cortisol (14,66 %), LDH (8,23 %) y mioglobina (10,16%)	LDH: 287,37 Mb (ng/ml): 51,06 Después: BNP (pg/ml): 1,04 CK: 251,35 CK-MB (ng/ml): 6,47 LDH: 215,75 Mb (ng/ml): 37,80				los niveles de BNP, CK, CK-MB y LDH.
18	2020	El efecto de la suplementación con vitamina D sobre el daño muscular después del ejercicio excéntrico en hombres jóvenes: un ensayo controlado aleatorizado.	-Para Mb, 1 h después de la Prueba fue más alta, pero a las 24 horas fueron más bajas. -La actividad de CK medida a las 24 horas fueron más altos.		60	hombres		
19	2019	Respuesta de biomarcadores a una temporada competitiva en jugadoras de fútbol de la División I.	La CK aumentó significativamente en T2 antes de volver a los valores iniciales en T3 y T4. La creatina	T1: 137,96±148,28. T2: 263,84±224,00 T3: 162,60±133,45 T4: 130,56±86,64. T5: 306,45±373,60	25	mujeres	20 ± 1,1 años.	Futbol

			quinasa aumentó nuevamente y alcanzó su valor más alto en T5.			
20	2018	Impacto del daño muscular inducido por el ejercicio en los resultados de las pruebas de rendimiento en jugadoras de baloncesto de élite.	Tbase CK: 145,9 T24 CK: 318,5	10 jugadoras	25,6 ± 4,5 años	Baloncesto

Nota: CK (creatin quinasa), Cr (grupo suplementado con creatina), Pla (grupo placebo), LDH (lactato deshidrogenasa), Mb (mioglobina), T (tiempos en que fueron tomadas las muestras), MSM (metilsulfonilmetanol), MGln (suero hidrolizado enriquecida con dipéptido de glutamina), MDA, BNP, DOMS.

Anexo 4:**Tabla 6***Resultados declaración PRISMA*

Resultado de la declaración PRISMA			SI	PARCIAL	NO
Titulo	1	Título	X		
Resumen	2	Resumen estructurado	X		
Introducción	3	Fundamento	X		
Métodos	4	Objetivo	X		
	5	Protocolo y registro		X	
	6	Criterios de admisibilidad		X	
	7	Fuentes de información	X		
	8	Estrategias de búsqueda	X		
	9	Selección de estudios	X		
	10	Proceso de recopilación de datos	X		
	11	Lista de datos	X		
	12	Registro de sesgo entre los estudios		X	
	13	Medidas del efecto	X		
	14	Síntesis de resultados	X		
	Resultados	15	Registro de sesgo en los estudios	X	
16		Análisis adicionales	X		
17		Selección de estudios	X		
18		Características de los estudios	X		
19		Riesgo de sesgo dentro de los estudios		X	
20		Resultado de estudios individuales	X		
21		Síntesis de resultados	X		
22		Riesgo de sesgo entre los estudios	X		

	23	Análisis adicionales	X		
Discusión	24	Resumen de las pruebas		X	
	25	Limitaciones	X		
	26	Conclusiones	X		
Financiación	27	Financiación			X
		Total	21	5	1
		%	77	18	3

Anexo 5: Pertinencia.



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Facultad
de la Salud
Humana

Memorando n°. UNL-FSH-DCLC-2023-0370-M
Loja, 10 de julio de 2023

PARA: Señor:
Jonathan Alejandro Paltín Poma
**ESTUDIANTE DE LA CARRERA DE LABORATORIO CLÍNICO DE LA
FACULTAD DE LA SALUD HUMANA.**

ASUNTO: Envío de pertinencia

Por medio del presente, me permito correr traslado el Oficio emitido por el Dr. Marlon Rolando Bravo Bonilla, docente de la Carrera de Laboratorio Clínico, con respeto a la estructura, coherencia y pertinencia del tema de investigación: **“BIOMARCADORES DE DAÑO MUSCULAR EN DEPORTISTAS: PREVALENCIA Y FACTORES DE RIESGO. REVISIÓN SISTEMÁTICA”**, de su autoría, con la finalidad de que se siga el proceso, quedando aprobado el mismo por parte de esta dependencia; y, se continúe con el proceso correspondiente de conformidad a los Art. 225, 226, 227, 228, 229 y 230 del Reglamento de Régimen Académico de la Universidad Nacional de Loja.

Particular que me permito comunicar para fines pertinentes

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
SANDRA ELIZABETH
FREIRE CUESTA

D. Sandra Freire Cuesta
**DIRECTORA DE LA CARRERA DE LABORATORIO
CLÍNICO DE LA FACULTAD DE LA SALUD HUMANA- UNL.**

Referencia: Correo electrónico
Anexo Archivo Secretaría de la Carrera
Elaborado por: María del C. Salazar L. **ANALISTA DE APOYO A LA GESTIÓN ACADÉMICA-FSH**

Calle Manuel Monteros
tras el Hospital Isidro Ayora · Loja - Ecuador
072 -57 1379 Ext.102

Anexo 6: Designación de director del trabajo de integración curricular.



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Facultad
de la Salud
Humana

Memorando Nro. UNL-FSH-DCLC-2023-0398-M
Loja, 24 de julio de 2023

PARA: Doctor
Marlon Bravo Bonilla.
**DOCENTE DE LA CARRERA DE LABORATORIO CLÍNICO DE LA
FACULTAD DE LA SALUD HUMANA-UNL.**

ASUNTO: Designación de Director de Tesis

Por el presente y dando cumplimiento a lo dispuesto en el Artículo 228 del Reglamento de Régimen Académico de la Universidad Nacional de Loja, aprobado el 7 de julio de 2009 una vez que ha cumplido con todos los requisitos y considerando que el proyecto de tesis fue aprobado; me permito hacerle conocer que esta Dirección le ha designado Director del trabajo de Investigación curricular, titulado **“Biomarcadores de daño muscular en deportistas: prevalencia y factores de riesgo. Revisión sistemática”**, de autoría de la Sr. **JONATHAN ALEJANDRO PALTÍN POMA**, estudiante de la Carrera de Laboratorio Clínico.

Con los sentimientos de consideración y estima, quedo de usted agradecida

Atentamente,



Dra. Esp. Sandra Freire Cuesta

**DIRECTORA DE LA CARRERA DE LABORATORIO
CLÍNICO DE LA FACULTAD DE LA SALUD HUMANA- UNL**

Referencia: Correo electrónico
Anexo Archivo Secretaría de la Carrera
Elaborado por: Sandra Freire Cuesta, DIRECTORA DE LA CARRERA DE LABORATORIO CLÍNICO

Anexo 7. Certificado de traducción del resumen.



unl

Universidad
Nacional
de Loja

Carrera de
Pedagogía de los Idiomas
Nacionales y Extranjeros

Dra. Bertha Lucía Ramón Rodríguez
**DOCENTE DE LA CARRERA DE PEDAGOGÍA DE LOS IDIOMAS NACIONALES Y
EXTRANJEROS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

C E R T I F I C A:

Que el resumen del trabajo de investigación titulada **“BIOMARCADORES DE DAÑO MUSCULAR EN DEPORTISTAS: PREVALENCIA Y FACTORES DE RIESGO. REVISIÓN SISTEMÁTICA”**, de la autoría del Sr. Jonathan Alejandro Paltín Poma, portadora de la cedula 1150237376, estudiante de la Carrera de Laboratorio Clínico de la Facultad de la Salud Humana de la Universidad Nacional de Loja, bajo la dirección del PhD. Marlon Rolando Bravo Bonilla, es fiel traducción del idioma español al idioma inglés.

Lo certifica en honor a la verdad y autorizo al interesado hacer uso del presente en lo que a sus intereses convenga.

Loja, 17 de noviembre del 2023



Firma electrónicamente por:
**BERTHA LUCÍA RAMÓN
RODRÍGUEZ**

Dra. Bertha L. Ramón Rodríguez
DOCENTE DE LA CARRERA PINE



Educamos para **Transformar**