

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias

Escuela Profesional de Biología – Microbiología

Estudio de marcadores bioquímicos de daño muscular en adolescentes
de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna - 2022

TESIS

Presentada por:

Bach. Kelly Geraldine Yparraguirre Salcedo

Para optar el Título Profesional de:

BIÓLOGO MICROBIÓLOGO

Tacna – Perú

2024

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 412

En la ciudad de Tacna en el auditorium de la Facultad de Ciencias, de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, siendo las 09:00 horas del día 10 de abril del 2024, estando presente el jurado calificador nominado por Resolución de Facultad N° 10847-2024-FACI-UN/JBG; conformado por los siguientes docentes:

| | |
|--|-------------------|
| Dr. Roberto Castellanos Cabrera | Presidente |
| MSc. Luis Lloja Lozano | Secretario |
| Dr. Vicente Chambilla Quispe | Vocal |

Acto seguido se dio lectura a la Resolución correspondiente.

A continuación, el presidente del jurado instó a la Bachiller: Señorita Kelly Geraldine Yparraguirre Salcedo, a exponer la tesis titulada: **“Estudio de marcadores bioquímicos de daño muscular en adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna - 2022”** para optar el Título Profesional de Biólogo Microbiólogo.

Siendo las 9:45 horas la tesista concluye su exposición, luego se procedió a la formulación de las preguntas por parte de los miembros del jurado calificador. Terminado este proceso, se invitó a que los miembros del jurado emitan su calificación de acuerdo a reglamento. El promedio de la calificación dio el siguiente resultado: **APROBADO POR UNANIMIDAD**, con el calificativo de **SOBRESALIENTE NOTA 18**, de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ciencias.

Siendo las 10:25 horas, se dio por concluido el acto de la sustentación de la tesis, firmando los señores miembros del jurado calificador, en señal de conformidad.

Dr. Roberto Castellanos Cabrera
Presidente

MSc. Luis Lloja Lozano
Secretario

Dr. Vicente Chambilla Quispe
Vocal

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, **VICENTE FREDDY CHAMBILLA QUISPE** en mi condición de asesor acreditado por la Resolución de Facultad N° 10231-2022-FACI-UN/JBG, de la tesis de investigación titulada: **“ESTUDIO DE MARCADORES BIOQUÍMICOS DE DAÑO MUSCULAR EN ADOLESCENTES DE SEMILLEROS DEPORTIVOS DE LA CIUDAD DE TACNA – 2022”**. Presentado por el bachiller **KELLY GERALDINE YPARRAGUIRRE SALCEDO** para optar el título profesional de **BIÓLOGO MICROBIÓLOGO**.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, considerando que, según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual **TURNITIN**, cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es de **5%**.

Por lo que **CERTIFICO LA SIMILARIDAD** de la tesis enunciado líneas arriba, la cual esta expedita para continuar con los trámites para la obtención de Título Profesional de Biólogo Microbiólogo, según corresponda consiguientemente la publicación en el repositorio institucional.

DR. VICENTE FREDDY CHAMBILLA QUISPE
DNI: 29303247



BACH. KELLY GERALDINE YPARRAGUIRRE
SALCEDO
DNI: 74652994



DEDICATORIA

A Dios, quien a través de mis seres queridos siempre se hizo presente para darme fortaleza y continuar a pesar de las adversidades.

A mi papá Abraham, por cuidarme desde el cielo.

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios por ser mi guía espiritual para enfrentar todos los retos de la vida para poder crecer como persona y por todas las bendiciones que ha puesto en mi camino.

A mi casa de estudios, la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, de la cual soy una alumna orgullosa, porque siempre se debe a sus estudiantes motivándolos a hacer investigación y apoyándolos en cada paso para crecer como profesionales.

A mis padres Erika Salcedo y Edwin Yparraguirre por ser quienes me formaron con buenos valores, por su apoyo eviterno, gracias por confiar en mí y por acompañarme siempre en mis decisiones.

A mis abuelos Abraham y Julia que son mi fortaleza en los momentos más difíciles, gracias por toda la educación que me dieron desde pequeña, por formarme como una persona de bien y enseñarme que tú puedes elegir tu propio destino si te esfuerzas.

A mi compañero de vida Anthony Rivera, por ser mi fiel aliado y mi mejor amigo en este largo proceso de investigación, gracias por estar a mi lado en los momentos de incertidumbre y de fatiga, porque siempre encuentro en ti un buen consejo que me impulsa a ser la mejor versión de mí misma.

A todos los docentes que me inspiraron a amar mi carrera que con su noble trabajo me prepararon para poder ejercer con vocación e integridad mi profesión.

CONTENIDO

| | |
|----------------------------|------|
| ACTA DE SUSTENTACION | ii |
| DEDICATORIA | iii |
| AGRADECIMIENTOS | iv |
| CONTENIDO | v |
| ÍNDICE DE TABLAS | vii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | viii |
| RESUMEN | ix |
| ABSTRACT..... | x |
| CAPÍTULO I | 11 |
| INTRODUCCIÓN | 11 |
| CAPÍTULO II | 15 |
| MARCO TEÓRICO..... | 15 |
| CAPITULO III..... | 30 |
| MATERIALES Y METODOS..... | 30 |
| CAPITULO IV..... | 42 |
| RESULTADOS..... | 42 |
| CAPITULO V..... | 53 |
| DISCUSION | 53 |

| | |
|---------------------------------|----|
| CONCLUSIONES | 58 |
| RECOMENDACIONES..... | 59 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 60 |
| ANEXOS | 65 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Equipos deportivos considerados dentro de la población de estudio..... | 42 |
| Tabla 2. Análisis Estadístico descriptivo de los marcadores bioquímicos de Daño muscular | 43 |
| Tabla 3. Nivel de LDH en adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna – 2023 | 44 |
| Tabla 4. Niveles de CK -TOTAL en adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna – 2023..... | 45 |
| Tabla 5. Nivel de CK - MB en adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna – 2023..... | 47 |
| Tabla 6. Relación CK-MB/CK en adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna – 2023..... | 48 |
| Tabla 7. Niveles de Proteína C - Reactiva en los adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna – 2023 | 49 |
| Tabla 8. Frecuencia de alteraciones musculares en los adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna – 2023 | 51 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Organización de los componentes musculares..... | 19 |
| Figura 2. Sistema de acoplamiento excitación- contracción. | 24 |
| Figura 3. Vista tridimensional del retículo sarcoplásmico y del sistema de túbulos transversos (túbulos T), dentro de una fibra muscular..... | 27 |
| Figura 4. Algoritmo de decisión en función de la relación CKMB/CK. *No excluye la presencia de Cardiopatía Isquémica; cTnI: Troponina I..... | 40 |
| Figura 5. Distribución de LDH de acuerdo a los niveles en los adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna – 2023..... | 44 |
| Figura 6. Distribución de CK-total de acuerdo a los niveles en los adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna – 2023..... | 46 |
| Figura 7. Distribución de CK-MB de acuerdo a los niveles en los adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna – 2023..... | 47 |
| Figura 8. Niveles de Proteína C - Reactiva en los adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna – 2023 | 50 |
| Figura 9. Frecuencia de alteraciones en los marcadores de daño muscular en los adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna – 2023 | 51 |

RESUMEN

El rendimiento de un deportista se debe a muchos factores como el estado nutricional, estado físico, nivel de entrenamiento, recuperación, factores psicológicos y genética. Los estudios que se realizan en deportistas tienen un enfoque preventivo para evaluar la fatiga muscular provocado por ejercicios físicos intensos que puedan perjudicar el rendimiento de los futbolistas. Este estudio tiene como objetivo determinar los niveles de valores séricos de los marcadores bioquímicos de daño muscular en los adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna. Se tuvo una muestra de 326 adolescentes que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión a los cuales se les realizó el análisis de los marcadores de daños muscular, PCR, LDH, CK-total, y CK-MB para evaluar una posible lesión en el músculo esquelético. Los resultados para los adolescentes deportistas fueron: para la prueba LDH el 2,5% presenta valores de nivel Bajo, el 91,4% valores dentro de lo normal y el 6,1% valores altos; para la prueba de CK-total el 74,8% se encuentra dentro de lo normal y el 25,2% presenta valores altos; para la prueba de CK-MB el 99,1% presenta valores normales y el 0,9% valores altos; para la prueba PCR el 95,7% resultó negativo y el 4,3% resultó positivo; según el índice relativo de CK-MB/CK el 7,1% de los adolescentes se sospecha que presentan daño muscular. En este estudio se concluye que sí existe alteraciones en los marcadores bioquímicos de daño muscular en los adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna.

Palabras clave: Daño muscular, valores séricos, deportistas, marcadores bioquímicos.

ABSTRACT

The success of an athlete is due to many factors such as nutritional status, physical condition, training level, recovery, psychological factors and genetics. The studies carried out on athletes have a preventive approach to evaluate muscle fatigue caused by intense physical exercises that can harm the performance of soccer players. This study aims to determine the levels of serum values of biochemical markers of muscle damage in adolescents from sports centers in the city of Tacna. There was a sample of 326 adolescents who met the inclusion and exclusion criteria, who underwent analysis of the muscle damage markers CRP, LDH, CK-total, and CK-MB to evaluate a possible skeletal muscle injury. The results for the adolescent athletes were: for the LDH test, 2.5% presented low level values, 91.4% had values within the normal range and 6.1% had high values; For the CK-total test, 74.8% are within normal limits and 25.2% have high values; For the CK-MB test, 99.1% had normal values and 0.9% had high values; For the PCR test, 95.7% were negative and 4.3% were positive; According to the relative index of CK-MB/CK, 7.1% of adolescents are suspected of having muscle damage. This study concludes that there are alterations in the biochemical markers of muscle damage in adolescents from sports centers in the city of Tacna.

Keywords: Muscle damage, serum values, athletes, biochemical markers.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El daño muscular es un problema común entre los deportistas debido al elevado trabajo tanto, mecánico como metabólico, que se realiza en la actividad física. Cuando esta actividad se realiza de forma continua, competitiva con macro y microciclos de entrenamiento, se produce una serie de adaptaciones que maximizan el rendimiento muscular, pero este exceso de entrenamiento sin una fase de recuperación necesario causa un síndrome de fatiga crónica, que puede causar daños graves en el rendimiento del atleta. Es por esto que existen marcadores bioquímicos de daño muscular para prevenir y diagnosticar lesiones a nivel muscular (Narváez, 2019).

Los marcadores más comunes en la actualidad para el diagnóstico de daño muscular son la Creatinina quinasa (CK), a pesar de que el tiempo en el que aparece su valor máximo después de la actividad física no es preciso, ya que varía entre 24 – 72 horas, es un marcador de origen citosólico que se encuentra habitualmente en los músculos esqueléticos y el corazón, y en menores cantidades en el cerebro. Existen tres tipos de enzimas CK, la primera CK – MM que se encuentra frecuentemente en los músculos esqueléticos, CK – MB que se encuentra en el miocardio y CK – BB se encuentra en tejido cerebral (Mateos, 2009)(Palacios et al., 2015).

Otra de las enzimas más utilizadas como marcador de daño muscular es el Lactato deshidrogenasa (LDH) esta enzima actúa sobre el piruvato y lactato con una interconversión del dinucleótido de adenina-nicotinamida (DAN). Existen 5 isoenzimas de la deshidrogenasa láctica presentes en células vivas conformadas por la combinación entre

polipéptidos - M y polipéptidos H. Los valores altos reflejan fenómenos tales como hemolisis, actividad osteoblástica, proliferación neoplásica, daño y necrosis celular (Aranda, 2010)(Palacios et al., 2015).

La proteína C reactiva es otra enzima considerada como indicador de inflamación lo que puede ser indicador de daño muscular, el aumento de la PCR está relacionado con infecciones, trauma, cirugía, condiciones inflamatorias crónicas, etc. En el ámbito de la actividad física intensa es motivo de un nivel alto de PCR. Sin embargo, se ha visto que este entrenamiento continuo puede llegar a una adaptación donde los niveles basales se regulen (Palacios et al., 2015).

Las profesionales del deporte y sobre todo los atletas necesitan saber el estado muscular en el que se encuentran para prever e identificar según el nivel de estas lesiones, para posteriormente emplear un tratamiento, establecer pausas de entrenamiento y rehabilitación. Por tanto, el objetivo de este estudio es determinar el nivel de daño muscular según los marcadores bioquímicos y el nivel de valor sérico encontrado en los adolescentes de los semilleros deportivos de la ciudad de Tacna (Marqués et al., 2016).

¿Existe alteración en los valores séricos de los marcadores bioquímicos de daño muscular en los adolescentes miembros de los semilleros deportistas de la Ciudad de Tacna?

1.1 Planteamiento del problema

Debido a todo lo descrito anteriormente, se plantea un estudio en los adolescentes deportistas pertenecientes al IPD de nuestra ciudad con el fin de hacer un análisis del estado

muscular que presentan actualmente, a través de los marcadores biológicos como creatina quinasa (CK total), CK-MB, LDH y proteína C reactiva (Aragón, 2017).

Este estudio relaciona el nivel de fatiga muscular que pueden presentar los deportistas según los valores séricos de los parámetros, según los antecedentes se ha presentado un incremento de las lesiones musculares en deportistas a causas desconocidas, pero que se pueden prevenir con estudios de control de fatiga muscular (Borda & Ormeño, 2010).

El tipo de entrenamiento en los semilleros deportivos usualmente son dirigidos de forma general a los deportistas, ya que se desconoce el estado de los adolescentes, por tanto, el sobre entrenamiento sin tener un adecuado monitoreo de la fatiga y recuperación puede dejar secuelas que con el tiempo serán lesiones crónicas.

El entrenamiento de los adolescentes sin desbordar al punto crítico de la fatiga tiene beneficios grandes para el deportista, personal técnico y todo responsable del proceso de entrenamiento. Es por esto que se deben aplicar estas herramientas para controlar el efecto del entrenamiento y competición necesarios para alcanzar los resultados esperados.

1.2 Justificación

El presente estudio busca realizar un análisis preventivo acerca de las lesiones que podrían estarse generando debido un entrenamiento inadecuado, para eso los parámetros que estamos evaluando se enfocan a un análisis a nivel de tejido muscular, las lesiones que aparecen en este tejido podrían comprometer el desempeño de los adolescentes en un futuro.

Los análisis preventivos que se realizan para evaluar el daño muscular en los adolescentes podrían prever una lesión grave que cause desgarros en el musculo, ya que se desconoce el estado de salud de estos adolescentes durante su entrenamiento.

La importancia de esta investigación es brindar información acerca del estado en que se encuentran estos deportistas de Instituto del Deporte de Tacna, y según los resultados tomar acción para prevenir lesiones graves en los deportistas o realizar otro tipo de estudios nutricionales.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Determinar los niveles de valores séricos de los marcadores bioquímicos de daño muscular en los adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar una toma de muestra sanguínea a los adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna.
- Determinar el valor sérico de LDH, CK total, CK-MB y PCR en los adolescentes de programas de semilleros de la ciudad de Tacna.
- Determinar el Índice relativo de CK

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Internacionales

En el artículo “Marcadores de daño muscular en deportistas jóvenes de la Federación Deportiva de la Provincia Azuay, Ecuador” se tuvo como objetivo identificar el daño muscular en deportistas de la provincia de Azuay, a través de la medición de la actividad enzimática de creatina quinasa, creatina quinasa MB, lactato deshidrogenasa, donde determinaron que la práctica de actividad física sistémica en un periodo menor de un año con una frecuencia de menos de tres veces por semana fueron las características que no generaron el aumento de valores séricos de los marcadores de daño muscular (Macero et al., 2021).

En la tesis doctoral titulada “Biomarcadores un Equipo Profesional Carga Externa en Musculares y de Fútbol” con el objetivo de verificar la relación que existe entre los parámetros de carga externa con los marcadores de carga interna con el partido de fútbol durante dos temporadas, para esto se evaluó la creatinquinasa antes y después de los partidos. Concluyó que los niveles de CK de los jugadores puede servir de valor para determinar si el daño muscular está en línea con sus valores normales. Los niveles de CK previos al partido aumentaron significativamente en las semanas de mayor congestión, cuando los jugadores tenían menos de 4 días para recuperarse entre partidos consecutivos, en cuanto a la posición de juego se exhibe que los niveles de CK en centrocampistas tienen niveles más altos de CK en las semanas de congestión del partido (Romero, 2022).

En el trabajo titulado “Análisis de biomarcadores de daño muscular y su correlación con marcadores de fatiga CMJ en patinadores de larga distancia a una altitud de 2600 metros sobre el nivel del mar” se pretende conocer cómo se correlacionan la CK y la LDH con el retorno movimiento del salto después de una prueba de fatiga, una investigación realizada en 14 patinadores, que resultó en una alta correlación entre los niveles de CK y LDH con varias variables de CMJ encontradas en este estudio, lo que indica que los cambios en estas dos enzimas ocurrieron temprano después de una actividad agotadora. esfuerzo, tal vez como resultado de algún grado de daño al tejido muscular, debido al grado de microtraumatismo durante altas tasas de contracción-relajación (Narváez, 2019).

2.1.2 Nacionales

En la tesis “Efectos de una rutina de entrenamiento fisicoculturista en variables biológicas relacionadas con el estrés producido en un practicante novato de 26 años, Arequipa 2016” se hizo un análisis de varios indicadores de respuestas al estrés, después de someter al sujeto a un entrenamiento fisicoculturista durante un mes, las evidencias clínicas y hematológicas demostraron que hay una activación del sistema simpático, además la elevación de la hormona de crecimiento y cortisol sérico, así como de producción de daño muscular e inflamación, la determinación de los niveles séricos de CK como marcador bioquímico demostró ser un indicador de estrés muscular a causa de ejercicio físico al elevar notablemente su valor sérico (Guzman, 2016).

En la tesis “Revisión crítica: Parámetros de daño muscular en deportistas que entrenan en altura o en condición de hipoxia” mencionó que el daño muscular tiene como consecuencia la ruptura de fibras esqueléticas y contráctiles, sobre todo al realizar

contracciones excéntricas, en su trabajo recopiló información acerca de los parámetros de daño muscular en deportistas que entrenan en altura o condiciones de hipoxia, esto demostró que muchos de los deportistas que no tienen conocimiento de sus condiciones físicas sufren lesiones consecutivas lo que a futuro pueden causar lesiones graves e irreversibles (Avila, 2021).

En la tesis “Efecto de un suplemento deportivo sobre los marcadores bioquímicos musculares y el rendimiento físico en ratones sometidos a nado forzado” en este trabajo se sometió a varios grupos de ratones a un tratamiento con un suplemento deportivo para evaluar si este incrementa el rendimiento físico, utilizaron como marcadores bioquímicos del rendimiento físico la actividad enzima Lactato deshidrogenasa (LDH) y lipoperoxidación a nivel muscular, concluyendo que este suplemento si causa un efecto favorable en la resistencia física y sobre los marcadores bioquímicos (Pajuelo, 2017).

2.1.3 Locales

En su disertación titulada “Instituto de medicina física y rehabilitación para lesiones músculo esqueléticas y deportivas en la región de Tacna” mencionó que el aumento actividad física ha propiciado a la aparición de numerosas lesiones agudas y crónicas, principalmente del sistema músculo esquelético. Las tasas varían entre 1.7 y 53 lesiones por 1 hora de práctica deportiva, entre 0.8 y 90.9 por 1 hora de entrenamiento, 3.1 y 54.9 por 1.000 horas de competición. Siendo los deportes de contacto, los que generan mayor riesgo de lesión. Estas lesiones y discapacidades de carácter físico, temporales o permanentes son mayores en comparación las dificultades de tipo visual, auditiva y mental (Atencio, 2017).

En el trabajo titulado “Comparación del efecto de la aplicación de Easy Flossing nivel 1 y nivel 2 en disfunción femoropatelar de futbolistas de Tacna en el año 2019” se mencionó el incremento de lesiones en los últimos años es por eso que su objetivo fue determinar la comparación del efecto de la aplicación de Easy Flossing nivel 1 y nivel 2 en la disfunción femoropatelar de futbolistas de Tacna en el año 2019. Luego de aplicar varias sesiones de esta terapia determinaron que si existe diferencia entre el nivel 1 y el nivel 2 (Sarmiento, 2020).

En el trabajo titulado “Lateralidad y dolor musculoesquelético de miembros inferiores en futbolistas del distrito de Tacna, 2019” se realizó un estudio epidemiológico en un grupo de futbolistas para investigar la relación entre la lateralidad y el dolor musculoesquelético de los miembros inferiores, hallando que el 50% de futbolistas con extremidad inferior izquierda dominante, presentaba dolor musculoesquelético en cadera derecha y muslo derecho, 25,00% en el lado izquierdo y también en ambos lados; El 40% refirió dolor musculoesquelético en la rodilla derecha, el 60% en el lado izquierdo. Concluyen que no existe asociación entre lateralidad y dolor musculoesquelético en extremidades inferiores en futbolistas (Revilla, 2020).

2.2 Fundamento teórico

2.2.1 *Fatiga*

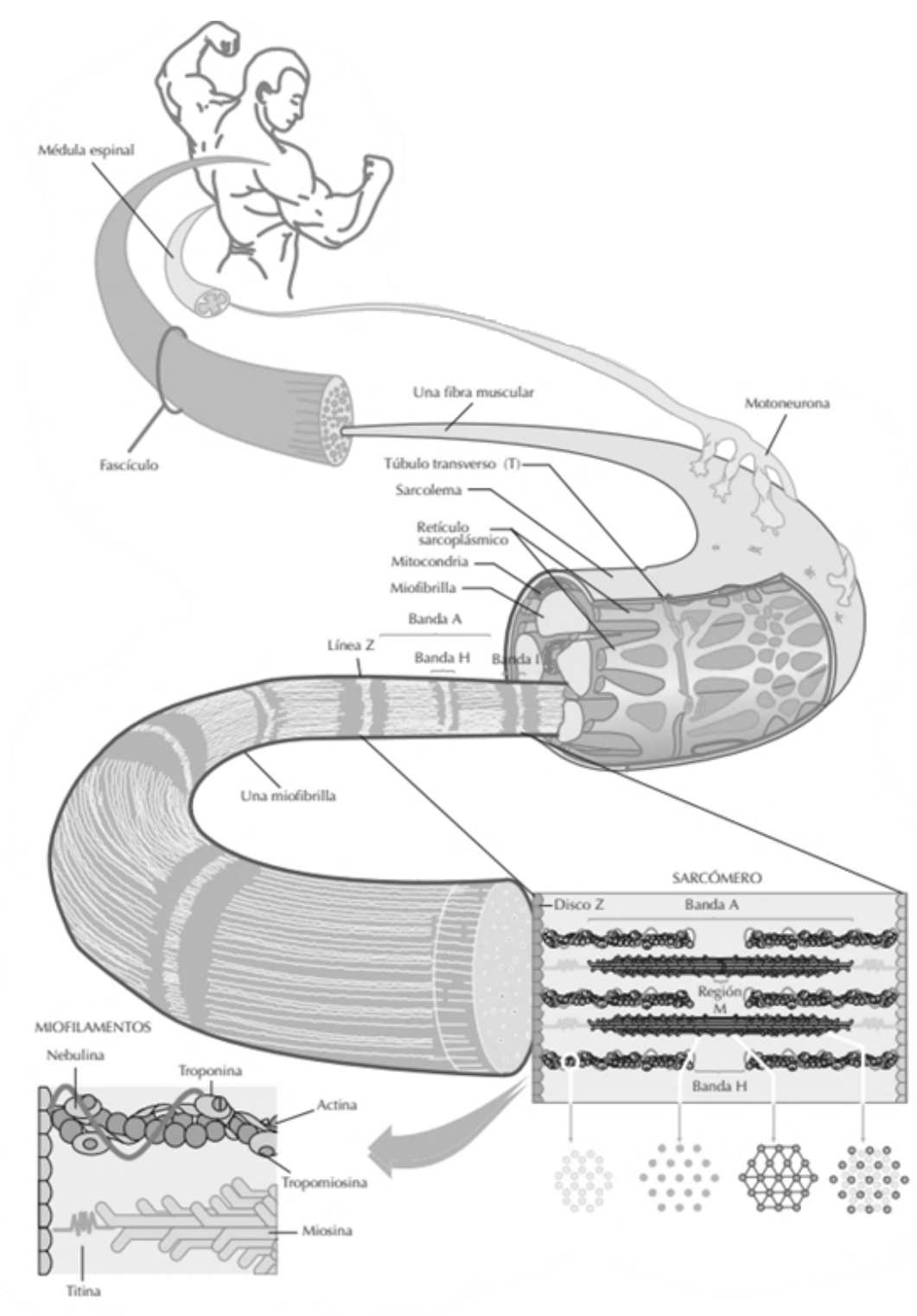
La fatiga muscular es un tema de investigación poco estudiado, pero que ha incrementado su interés por los investigadores del área de la fisiología del ejercicio. Se creía que la reacción del músculo al ácido láctico resultaría en una reducción fija de la tensión, ya que las fibras eran altamente fatigables debido a la disminución del glucógeno

en las unidades motoras; también se considera que el síndrome de fatiga muscular es resultado de un inadecuado entrenamiento o desarrollo del ejercicio (Gomez et al., 2010)(Hernandez et al., 2022).

Actualmente, este síndrome está relacionado a la incapacidad del músculo esquelético de generar elevados niveles de fuerza muscular y potencia, a la incapacidad de mantener una determinada intensidad de ejercicio en el tiempo, a la disminución de la velocidad de contracción y al aumento del tiempo de relajación muscular generando de esa forma una disminución en el rendimiento, por lo tanto los expertos en el área de desempeño físico indican que es un indicador de los factores de riesgo para la ocurrencia de lesiones por sobrecarga mostrándose como un antecedente de algún tipo de injuria relacionada con el deporte (Gomez et al., 2010)(Urdampilleta et al., 2015).

Figura 1

Organización de los componentes musculares. Las estriaciones del músculo esquelético se deben a las bandas A y a las bandas I. Las bandas I están divididas en dos mitades iguales por la línea Z y cada banda A tiene una zona clara, la zona H. El centro de cada zona H es la región oscura M. La unidad contráctil básica de la fibra muscular esquelética es el sarcómero, que contiene un conjunto altamente ordenado de miofilamentos (gruesos, delgados y conectores) y está limitada por dos líneas Z. Las invaginaciones tubulares, (túbulos T) de la membrana de la fibra muscular penetran profundamente dentro del sarcoplasma y rodean a las miofibrillas a nivel de la unión de la banda A con la banda I, esos túbulos se asocian con las cisternas terminales dilatadas del retículo sarcoplásmico, formando tríadas. En el recuadro aparece un sarcómero que muestra el arreglo de los miofilamentos gruesos y delgados. En la parte inferior (izquierda) se observa el detalle de la composición de los filamentos, a la derecha se presenta en un corte transversal la distribución de los miofilamentos en diferentes niveles sarcoméricos.



Fuente: (Ariznavarreta , et al., 2005)

2.2.2 *Tipos de fatiga*

La fatiga en parámetros de actividad física, deportiva o competitiva, se debe tener en cuenta como un estado moderador de la actividad, porque con su aparición se empiezan a generar cambios físicos y mentales dentro de las acciones que se están realizando, la fatiga también, puede ser causante de deficiencia en la técnica deportiva y crear mayor probabilidad de lesiones en los deportistas (Palacios et al., 2015)(Quinchanegua, 2017).

La investigación de las causas de la fatiga han sido problemáticas, a causa de su complejidad en la cantidad de factores que influyen para que surja y como se manifiesta, se ha propuesto por varios autores que depende de donde se derive la fatiga, puede ser determinada como fatiga central o fatiga periférica (Quinchanegua, 2017).

- **Fatiga Central**

Esta fatiga hace referencia a las alteraciones en el funcionamiento del sistema nervioso central a causa de los procesos proximales de las uniones neuromusculares, donde se produce una disminución de los impulsos del sistema nervioso central a la unión neuromuscular (Quinchanegua, 2017).

Refiere a que ocurre por una falla voluntaria o involuntaria de la conducción del impulso pueden ocurrir en uno o más niveles de las estructuras nerviosas que intervienen en la actividad física, lo cual puede provocar una alteración en la transmisión desde el SNC o en el reclutamiento de los axones motores (Gomez et al., 2010).

- **Fatiga Periférica:**

Esta hace referencia a las acciones implicadas en el músculo, por ello, es también llamada fatiga muscular, que puede estar generada por múltiples factores como: alteraciones del pH, la temperatura y el flujo sanguíneo, la acumulación de productos del metabolismo celular (Quinchanegua, 2017).

Cuando el músculo recibe un estímulo en forma de potencial de acción, el retículo sarcoplasmático (RS) libera Ca^{++} , el cual se liga a la troponina y forma el complejo tropomiosina, exponiendo a su vez la actina, el sitio de ligación para la cabeza de la miosina, así la cabeza de miosina desligada de la actina, en presencia de ATP, utiliza la energía de la hidrólisis del ATP para moverse, ligándose enseguida a la actina, empujando el filamento fino a lo largo del filamento grueso, haciendo que el sarcómero se acorte y se produzca el proceso de contracción muscular (Gomez et al., 2010).

Para mantener el potencial de acción depende la capacidad de recuperar los iones de potasio K^+ y salida de los iones de Na^+ , con el fin de repolarizar la membrana sarcoplasmática y permitir la entrada de un nuevo impulso eléctrico, es por eso que se considera este un factor desencadenante de fatiga (Gomez et al., 2010).

2.3 Fisiología del músculo

El tejido músculo esquelético, con relación a la velocidad de acortamiento y la resistencia a la fatiga de las fibras que los forman, se clasifican en: 1) músculos rápidos y 2) músculos lentos. Los músculos rápidos están formados casi en su totalidad de fibras de

sacudida rápida, y los músculos lentos mayoritariamente por fibras de sacudida lenta. Además de estas fibras existe un tercer tipo de fibra, llamada tónica, que no posee el mecanismo generador del potencial de acción, tiene gran resistencia a la fatiga y capacidad para desarrollar tensión finamente graduada. Estas fibras están presentes en algunos músculos de mamífero, por ejemplo en los extraoculares (Ariznavarreta , et al., 2005).

2.3.1 Mecanismos de la contracción muscular

La contracción consiste en el acortamiento muscular que acerca entre sí el origen y la inserción correspondientes a cada músculo. Este acortamiento es consecuencia de la disminución en la longitud sarcomérica.

- Acople de excitación - contracción

Este mecanismo fisiológico que enlaza la excitación del sarcolema (potencial de acción) con la activación contráctil, y comprende la despolarización causada por el potencial de acción, los acontecimientos que tienen lugar entre el túbulo T y el RS, la liberación de calcio por el RS, y la difusión del calcio hasta los sarcómeros y su interacción con las proteínas contráctiles (Ariznavarreta , et al., 2005).

El potencial de acción, al propagarse por los túbulos T, activa dos tipos de canales para liberar Ca^{++} desde el retículo sarcoplásmico (RS): el canal DHPR que permite la entrada de pequeñas cantidades de Ca^{++} a la fibra. la subunidad α -1 del DHPR interactúa con el RyR y provoca su apertura; a continuación, el Ca^{++} es liberado hacia el citosol siguiendo su gradiente electroquímico (Ariznavarreta , et al., 2005).

En el caso de las fibras musculares tónicas se ha observado una mayor dependencia de la contracción muscular con respecto al Ca^{++} extracelular, probablemente como un

mecanismo compensador ante el menor desarrollo de su sistema de túbulos T y del RS (Ariznavarreta , et al., 2005).

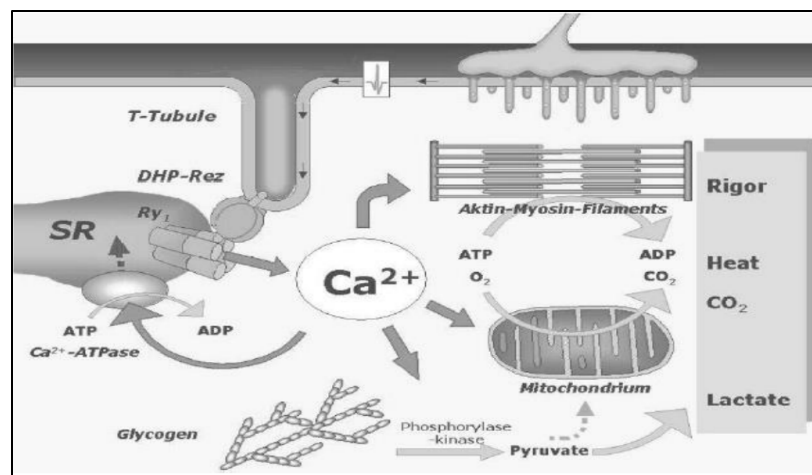
- Relajación muscular

La relajación muscular ocurre una vez que el Ca^{++} se separa de la troponina C del filamento delgado, lo que restablece las relaciones estructurales y dinámicas entre los filamentos que determinan el estado relajado. El deslizamiento de regreso de los filamentos delgados a su posición de relajación es dependiente de la energía elástica almacenada en las estructuras sarcoméricas y extrasarcoméricas (Ariznavarreta , et al., 2005).

El proceso de la relajación es pasivo, y el consumo energético está asociado al bombeo de los iones de Ca^{++} . Este proceso es llevado a cabo por la bomba ATPasa- Ca . Conforme los iones de Ca^{++} entran al RS, son separados de la bomba y tomados por proteínas que ligan Ca^{++} , tales como la enzima ATPasa de alta afinidad y la calsecuestrina de baja afinidad (Ariznavarreta , et al., 2005).

Figura 2

Sistema de acoplamiento excitación-contracción.



Fuente: (Narváez, 2019)

2.4 Marcadores biológicos

Un marcador biológico o biomarcador es un producto o sustancia que puede medirse en cualquier organismo como un indicador del estado biológico para determinar objetivamente procesos fisiológicos o patológicos en el organismo, que ocurren en la salud, enfermedad o en diferentes situaciones y de esta forma llevar un control del estado biofísico (Palacios et al., 2015).

En el campo deportivo, los biomarcadores son parámetros fundamentales que permiten determinar el efecto que tiene el ejercicio físico sobre los diferentes tejidos y órganos. De esta manera, se pueden estimar parámetros de evaluación del grado de daño muscular, de hidratación/deshidratación, de inflamación, de daño oxidativo, etc., que demuestra si el organismo reacciona positivamente a los estímulos de evaluación y a las diferentes cargas de ejercicio o entrenamiento que se estén llevando a cabo. La concentración de un biomarcador depende del grado de fatiga, del tipo y duración del ejercicio (Palacios et al., 2015).

2.4.1 Creatinina quinasa (CK)

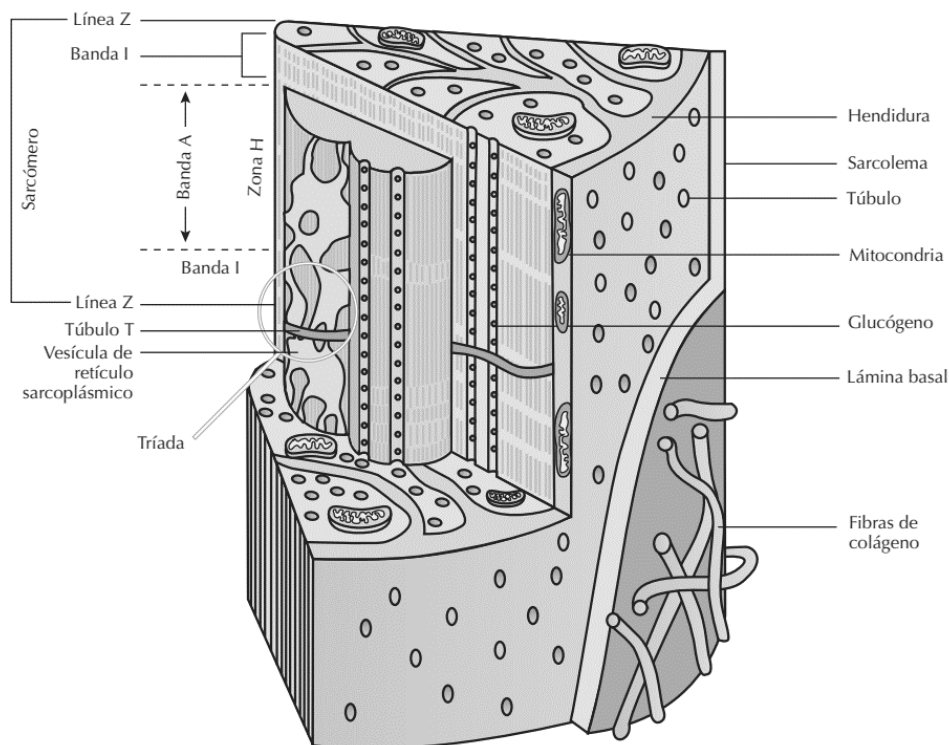
La CK es considerado un marcador de fatiga muscular y es uno de los utilizados a nivel clínico para deportistas. Aunque en algún momento se dudaba de su eficacia como marcador debido a su variabilidad, los estudios posteriores demostraron que las pruebas en actividades largas demostraron la relación entre CK y daño muscular. La actividad de la CK medida en biopsia muscular nos refiere que se comporta de diferente manera antes y después del ejercicio físico, sabiendo que los niveles en

sangre cambian dependiendo de los protocolos de intensidad y el nivel de entrenamiento (Narváez, 2019).

La CK es un segmento de la cadena pesada de miosina está localizada en la línea M del sarcómero y en la superficie del retículo endoplasmático influenciado por la fuerza de contracción muscular y también regulando el flujo de iones de calcio durante la tensión y relajación de las fases de la contracción por esto que la relacionan con el daño muscular, también se debe a que estas moléculas son citoplasmáticas y no tienen la capacidad de atravesar la barrera de la membrana sarcoplásmica. Luego, cuando aumentan su concentración en sangre se deduce que hay un daño en la membrana del músculo. De hecho, las células musculares cuando están exhaustas demuestran un descenso de la resistencia de la membrana ante el aumento de iones de calcio que provoca la activación de los canales de potasio. Otro posible mecanismo podría ser el daño del tejido local producido por la degeneración del sarcómero debido a la fragmentación del disco-Z, lo que sería un indicador de necrosis muscular (Romero, 2022) (De Oliveira Netto, 2019).

Figura 3

Vista tridimensional del retículo sarcoplásmico y del sistema de túbulos transversos (túbulos T), dentro de una fibra muscular



Fuente: (Ariznavarreta , et al., 2005)

Al menos existen cinco isoformas de la CK: tres isoenzimas en el citoplasma (CK tejido muscular esquelético (CK-MM), CK tejido muscular cardíaco (CK-MB), CK tejido cerebral (CK_BB)) y dos isoenzimas (no sarcoméricas y sarcoméricas) en la mitocondria. La presencia de isoenzimas macro-CK tiene un valor pronóstico: macro-CK tipo I está presente en pacientes que desarrollan procesos cardiovasculares o autoinmunes. Mientras que macro-CK tipo II con isoenzimas encontradas en pacientes con proliferación maligna. Sabiendo el tipo de isoenzima CK aumentado nos

dará una información específica sobre el tejido dañado. De hecho, CK-MM se encuentra en diferentes zonas de la fibra muscular donde el consumo de ATP es alto y eso nos indica que es un marcador de lesión muscular, CK-MB aumenta en caso de daño cardíaco y CK-BB en caso de daño cerebral. Los niveles de CK mitocondrial aumentarán en caso de enfermedades mitocondriales (Romero, 2022)(Montesdeoca, 2019).

2.4.2 Lactato Deshidrogenasa

El músculo esquelético tiene papel fundamental en la regulación del lactato como principal productor y consumidor de este en el cuerpo. Durante el ejercicio intenso el metabolismo se activa rápidamente, y lleva a un aumento en la producción de fosfatos de alta energía, necesarios en el mantenimiento de la contracción máxima.

Mientras ocurre la formación de ATP en ejercicio se generan iones lactato (Lac) e hidrogeniones (H^+), lo que reduce el pH dentro de la célula activa. Como ya se mencionó, el lactato se cita con frecuencia como un producto metabólico que contribuye a reducciones en la fuerza desarrollada durante el ejercicio de alta intensidad (Giraldo & Sánchez, 1998).

Su concentración es tan alta como 20-25 mM en el músculo esquelético durante ejercicios de alta intensidad en seres humanos; no obstante, también se conocen concentraciones de 45-50 mM (Aranda, 2010).

El lactato por sí mismo modificó la función del canal liberador de calcio del retículo sarcoplasmático en presencia de lactato 20 mM, la, la velocidad de liberación de calcio se inhibió en 30% y este efecto fue consistente aún en presencia de distintos

agentes usados para estimular la liberación de calcio (peróxido de hidrógeno, cloruro de plata y doxonrubicina, entre otros) (Giraldo & Sánchez, 1998).

La inhibición de la actividad del canal de calcio del retículo sarcoplasmático por el lactato se refleja además en su habilidad para inhibir la unión de la rianodina marcada al canal liberador. Esta unión se inhibió por un aumento en la concentración de lactato, tanto a pH 7,1 como a pH 6,5, lo que sugiere que el lactato *per se* y no necesariamente el cambio asociado de pH, puede actuar directamente sobre el canal liberador. La inhibición de aproximadamente 30% de la unión de rianodina fue paralela a la reducción en la velocidad de liberación de calcio (Giraldo & Sánchez, 1998) (Aranda, 2010).

2.4.3 *Proteína C reactiva*

Se considera como una proteína de fase aguda, que es liberada en los hepatocitos al producirse una estimulación de la IL-6 e IL-8 como respuesta ante un proceso inflamatorio. Normalmente, se encuentra presente en el suero en concentraciones mínimas y su concentración sérica, suele elevarse ante la presencia de procesos infecciosos y no infecciosos, la principal función de esta globulina se centra en reconocer objetos patógenos extraños y células dañadas por unión de fosfolina a sus superficies (Navarro et al., 2013) (Fiallos, 2022).

Esta proteína como biomarcador es un reactante de la fase aguda, esto produce alta sensibilidad debido a que es considerado como un biomarcador de procesos inflamatorios y de daño tisular; si existe inflamación esta proteína tiende a elevarse de forma inmediata, alcanzando niveles hasta de 10 000 veces en 6 horas (Fiallos, 2022).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales y equipos

3.1.1 *Materiales*

- Tubos con gel activador de coagulo 6 ml
- Agujas hipodérmicas 21 x ½ mm
- Algodón
- Alcohol
- Esparadrapo
- Ligadura
- Guantes
- Gorros
- Mascarilla
- Batas desechables
- Gradillas
- Tubos de ensayo 10 ml y 5 ml
- Pipetas volumétricas 1 ml y 5ml
- Vasos precipitado
- Micropipetas de 100 µl
- Micropipetas de 1000 µl

3.1.2 *Equipos*

- Centrífuga

- Baño María
- Refrigeradora
- Analizador bioquímico

3.2 Reactivos

- Kit de reactivos CK liquido (Reactivo A: solución de buffer imidazol y Reactivo B: solución de componentes)
- Kit de reactivos CK - MB (Reactivo A: solución de buffer imidazol y Reactivo B: solución conteniendo creatina fosfato, anticuerpos anti-CK M y componentes)
- Reactivo LDH (Reactivo A: viales conteniendo NADH y Reactivo B: solución de buffer Tris, pH 7,2 conteniendo piruvato y cloruro de sodio)
- Proteína C Reactiva (Reactivo látex PCR: suspensión de partículas de látex-poliestireno sensibilizadas con anticuerpos anti-PCR, Control Negativo: dilución de suero negativo y Control Positivo: dilución de suero positivo)

3.3 Diseño de la investigación

El presente estudio es de tipo descriptivo y transversal la toma de muestras sanguíneas se realizó solo una oportunidad, los participantes pertenecen a diferentes semilleros deportivos de fútbol de la ciudad de Tacna con un rango de edad de 13-18 años, la primera etapa de realizó en la Videna de Tacna (Liga Departamental del Fútbol Tacna) y la segunda fase en el laboratorio de biología en la Facultad de Ciencias para el procesamiento de las muestras y análisis bioquímicos.

3.4 Metodología

3.4.1 Población y muestra

La población estuvo conformada por la totalidad de adolescentes pertenecientes a los diferentes semilleros deportivos de la ciudad de Tacna que participaron de la campaña de salud, todos se someterán a un examen médico y un examen de laboratorio. La muestra fue de 376 adolescentes que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión.

3.4.2 Criterios de inclusión

- Deportistas sanos con edad comprendida entre 13 - 18 años.
- Todos los futbolistas que realizaban su entrenamiento activo durante el último trimestre antes de la toma de muestra.
- Que hayan pasado por el examen médico completo.
- Participantes que hayan firmado el consentimiento informado.
- Participantes que hayan cumplido con el ayuno.

3.4.3 Criterios de exclusión

- No se considerará a los participantes que tengan alguna enfermedad crónica.
- Los participantes que tiene menos de tres meses sin entrenamiento.
- Que reciban algún tratamiento con los siguientes medicamentos: para CK Anfotericina B, Fibratos, Estatinas, Esteroides como dexametasona, y para la LDH, Ácido acetilsalicílico, Clofibrato, Fluoruros, Mitramicina, Procainamida.
- Participantes que presenten alguna alteración en los parámetros clínicos de inflamación por otra causa (Velocidad de eritrosedimentación (VES)).

- Los participantes que no hayan firmado el consentimiento informado.

3.4.4 Criterios éticos

Se aplicaron planillas de registro clínico electrónicas para la gestión de los datos, realizado mediante códigos identificadores para preservar la confidencialidad de información de los participantes, consentimiento informado, de acuerdo a lo indicado en la Declaración de Helsinki para el tratamiento de datos de origen clínico

3.4.5 Toma de muestra

Se siguió el protocolo para la obtención de sangre venosa del Ministerio de Salud, los pacientes fueron registrados antes de ingresar a la sala de toma de muestra (MINSA, 2013).

Para iniciar la toma de muestra a los pacientes se preparó el material a utilizar en el procedimiento, se rotuló los materiales para poder identificar las muestras.

Nos colocamos el material de bioseguridad para esperar a los pacientes y comenzamos destapando la aguja que ingresa al tubo para enroscarla al adaptador de tubos (capuchón), colocar el tubo sin que la aguja perfora el tampón.

Se escogió una la zona de punción y extracción, generalmente las venas del pliegue del codo: la basilica, la cefálica o la mediana cubital luego se colocó la ligadura de 5 a 10 cm sobre la zona de punción, haciendo un nudo corredizo, se le pide al paciente que abra y cierre la mano enérgicamente hasta hacer más visible la vena, luego se le pide que cierre la mano.

Limpiamos la zona elegida con una torunda de algodón humedecida con alcohol, dejamos secar unos segundos, tomamos el adaptador con la aguja; destapamos el extremo de la aguja que se insertará a la vena y realizamos la venopunción con el bisel de la aguja hacia arriba en un ángulo de 15° entre la aguja y la piel. Sin tocar el área desinfectada se recolectó la sangre mediante la inserción del otro extremo de la aguja en el tubo, atravesando la tapa.

Al iniciar el llenado del tubo, se retiró la ligadura y solicitar al paciente que abra la mano. Dejamos que el tubo llene de cuerdo al vacío determinado, para reducir el riesgo de hemólisis de la muestra.

Finalmente retiramos el tubo con el gel activador para colocar el tubo con anticoagulante, esperamos a que llene hasta lo indicado y luego retiramos la agujan con el adaptador, cuando ya colocamos una torunda limpia aplicando una leve compresión.

3.4.6 *Transporte de muestra*

Las muestras fueron trasportadas desde la Videna hasta el laboratorio en un cooler para muestras biológicas a una temperatura aproximada de 2° a 8° C para su conservación.

3.4.7 *Procesamiento de muestras*

Las muestras se retiraron del cooler y las colocamos en las gradillas para ordenarlas de acuerdo al código designado para verificar que todas estén completas.

Las muestras se centrifugaron a 4000 r.m.p. por 10 min para obtener el suero, se colocaron en la centrífuga en grupos de 8 teniendo en cuenta que el volumen de los tubos

sea igual frente a frente para mantener el equilibrio al momento que se centrifugar y así evitar accidentes.

Luego retiramos las muestras de la centrifuga para colocarlas de manera ordenada en las gradillas y contabilizar el número de pacientes, el plasma se separó de la muestra en tubos eppendorf codificados de acuerdo al número de tubos para descartar las muestras hemolizadas y poder realizar las pruebas siguientes.

Con una micropipeta calibrada a 100 μ l se retiró con cuidado el plasma para pasarlo a los tubos eppendorf de acuerdo al código de cada paciente, de esta forma el plasma en los tubos eppendorf fueron refrigeraron a menos de 5 °C para su posterior análisis.

3.4.8 *Análisis bioquímico*

Ck total

La creatinina quinasa (CK) es una enzima intracelular localizada en mayor proporción en músculos cardiaco y esquelético y también en cerebro. Un aumento en la actividad sérica, es por tanto indicio de lesión celular.

Para este análisis se usará el Método UV optimizado (IFCC) para la determinación de Creatina Quinasa (CK) en suero o plasma, utilizaremos un analizador bioquímico.

Preparación de los reactivos:

- Reactivo A: solución de buffer imidazol.
- Reactivo B: solución de componentes conteniendo creatina fosfato y componentes reactivos en cantidades suficientes para las siguientes concentraciones finales.

Prepararemos el reactivo único mezclando 5 partes de Reactivo A con 1 parte de Reactivo B (ej.: 5 ml Reactivo A + 1 ml Reactivo B).

Procedimiento:

Las muestras de plasma fueron retiradas a temperatura ambiente para realizar el siguiente análisis bioquímico. Se instaló el baño María a 30° - 37°C para colocar dentro una gradilla de metal para colocar los tubos de ensayo.

En el tubo de ensayo se agregó 1 ml del reactivo único, se preincubó de 3 a 4 minutos y se agregó 40 µl de la muestra al mismo tubo de ensayo, se mezcló inmediatamente y se esperó 3 minutos para hacer la lectura de la absorbancia a una longitud de onda de 340 nm; con un cronómetro se hizo la lectura luego de 1, 2 y 3 min para promediar los resultados.

Ck MB

La Creatina quinasa (CK) es una enzima intramuscular constituida por una subunidad M (músculo) y otra subunidad B (brain = cerebro) que se combinan dando lugar a las isoenzimas CK-MM (muscular), CK-BB (cerebral) y CK-MB (miocárdica). La elevación sérica de CK y de CK-MB constituye un indicador de injuria de miocardio.

Preparación de los reactivos:

- Reactivo A: solución de buffer imidazol.
- Reactivo B: solución conteniendo creatina fosfato, anticuerpos anti-CK M y componentes reactivos en cantidades suficientes para las siguientes concentraciones finales.

Se obtiene el reactivo único, mezclando 5 partes de Reactivo A con 1 parte de Reactivo B (ej.: 5 ml Reactivo A + 1 ml Reactivo B).

- Control: se abrió el vial teniendo la precaución de no perder material. Reconstituir con el volumen de agua destilada indicado en el rótulo. Tapamos y esperar 5 minutos. Disolvimos el contenido completamente por inversión del vial.

Procedimiento:

Las muestras de plasma fueron retiradas a temperatura ambiente para realizar el siguiente análisis bioquímico. Se instaló el baño María a 30° - 37°C para colocar dentro una gradilla de metal para colocar los tubos de ensayo.

En el tubo de ensayo se agregó 1 ml del reactivo único, se preincubó de 3 a 4 minutos y se agregó 40 µl de la muestra al mismo tubo de ensayo, se mezcló inmediatamente y se esperó 3 minutos para hacer la lectura de la absorbancia a una longitud de onda de 340 nm; con un cronómetro se hizo la lectura luego de 1, 2 y 3 min para promediar los resultados.

Lactato deshidrogenasa (LDH)

La determinación del valor sérico de lactato deshidrogenasa se realizó porque al ser una enzima intracelular, su elevación es índice de daño tisular lo que provoca su liberación en la circulación.

Para este análisis se usó el Método UV optimizado (SFBC) para la determinación de lactato deshidrogenasa (LDH) en suero o plasma, utilizaremos un analizador bioquímico.

- Preparación de los reactivos:

Reactivo A: viales conteniendo NADH.

Reactivo B: solución de buffer Tris, pH 7,2 conteniendo piruvato y cloruro de sodio.

Reactivo A reconstituido: agregar el volumen de Reactivo B indicado en el rótulo a un vial de Reactivo A. Tapar y agitar suavemente por inversión hasta disolución completa. Fechar.

Procedimiento:

Las muestras de plasma fueron retiradas a temperatura ambiente para realizar el siguiente análisis bioquímico. Se instaló el baño María a 30° - 37°C para colocar dentro una gradilla de metal para colocar los tubos de ensayo.

En un tubo de ensayo se agregó 3 ml del reactivo A reconstituido y 100 µl de la muestra. Se mezcló inmediatamente y se disparó el cronómetro para realizar la lectura luego de 30 segundos.

Se transfirió la muestra en una cúbica de lectura para leer la absorbancia a una longitud de onda de 340 nm, leemos las absorbancias luego de 1, 2, y 3 min para promediar.

PCR reactiva

La proteína C Reactiva es una proteína termolábil, considerada uno de los marcadores con más ventaja en el ámbito clínico debido a su reproducibilidad y fiabilidad, también conocido como un marcador inflamatorio.

Preparación de los reactivos:

Se llevó los reactivos a temperatura ambiente antes de usar. Se agitó el reactivo antes de usar, vaciando previamente la pipeta del gotero.

- Reactivo látex PCR: suspensión de partículas de látex-poliestireno sensibilizadas con anticuerpos anti-PCR.
- Control Negativo: dilución de suero negativo.

- Control Positivo: dilución de suero positivo

Procedimiento:

Las muestras de suero se retiraron a temperatura ambiente para realizar el siguiente análisis bioquímico.

Se colocó una gota de la muestra de suero sobre las placas de fondo negro, en otro espacio una gota del reactivo negativo y otra gota del reactivo positivo en otra zona. Luego sobre cada gota se agregó una gota del reactivo látex PCR, los mezclamos con palillos descartable diferentes para cada muestra hasta obtener una suspensión uniforme en toda la superficie del círculo. Inmediatamente, disparamos un cronómetro, balanceamos suavemente la placa y observó macroscópicamente el resultado bajo un haz luminoso dentro de los 2 minutos.

3.4.9 Índice relativo de CK-MB/CK

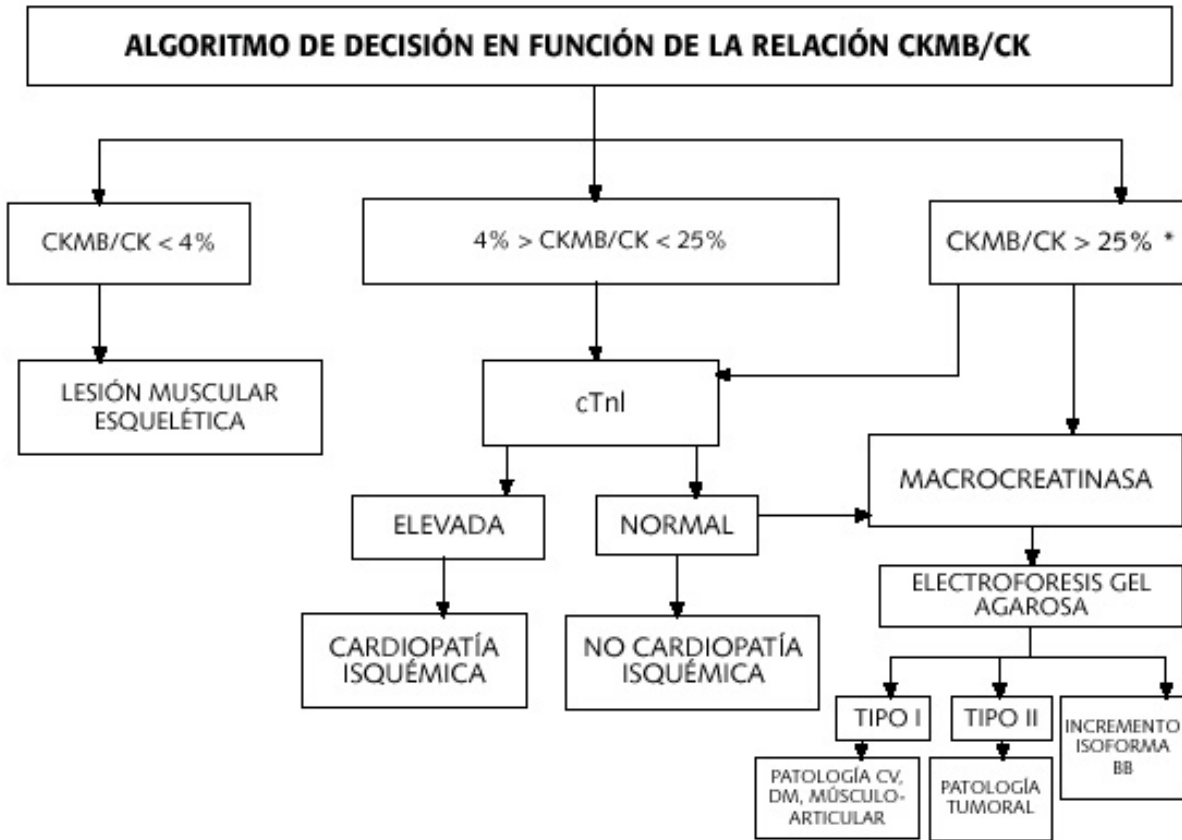
La relación CK-MB/CK debe situarse entre 4 y 25% del valor total de CK.

- < 4%: Sospecha de lesión muscular.
- 4-25%: Sospecha de cardiopatía isquémica.
- > 25%: Sospecha de Macro-CK (tipo I o II) o CK-BB. (no excluye la presencia de cardiopatía isquémica, por lo cual se solicitará determinación de troponina I).

Aumento y subsiguiente disminución de la actividad CK-MB. (Las variantes de CK son más estables en la circulación y no presentan esta característica) (Ruiz et al., 2006).

Figura 4

*Algoritmo de decisión en función de la relación CKMB/CK. *No excluye la presencia de Cardiopatía Isquémica; cTnI: Troponina I.*



Fuente: (Ruiz et al., 2006)

3.4.10 Análisis estadístico

Los datos se gestionaron mediante planillas en Microsoft Excel 2016 que contienen la información de los resultados de los datos clínicos y las pruebas de laboratorio de los pacientes, para ello se realizó el consentimiento informado a los participantes del estudio.

Luego la información recogida se procesó en primera instancia en Microsoft Excel 2016 para la organización de la base de datos de todos los pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión, luego se organizó la información para poder procesarla en el

siguiente programa de acuerdo a los análisis necesarios, posteriormente los análisis se realizaron en el software estadístico IBM SPSS Statistics 25.

Se aplicó estadística descriptiva para determinar las frecuencias, y gráficos de distribución de las variables, para determinar si la frecuencia de las pruebas bioquímicas esta altera y los valores séricos se ven altos, normales o bajos para evaluar el daño muscular (Romero, 2022).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Equipos que participaron en el estudio

Los semilleros deportivos que participaron se ven en la Tabla 1, de acuerdo a los criterios de inclusión y exclusión se obtuvo una muestra total de 326 adolescentes deportistas aptos para participar de la investigación.

Tabla 1

Equipos deportivos considerados dentro de la población de estudio.

| Equipo | Cantidad de participantes |
|----------------------|----------------------------------|
| Bentin Tacna Heroica | 60 |
| Mariscal Miller | 21 |
| Semillero Bolito | 38 |
| Elías Sport | 8 |
| Orcas | 32 |
| Deportivo Eléctrico | 22 |
| Beraca Sur | 37 |
| Universitario | 23 |
| Potrillos | 34 |
| Tupac Amaru | 51 |
| Total | 326 |

Tabla 2*Análisis Estadístico descriptivo de los marcadores bioquímicos de Daño muscular*

| | LDH | CK-TOTAL | CK-MB | PCR |
|-------------------|------------|-----------------|--------------|--------------|
| Nº de deportistas | 326 | 326 | 326 | 326 |
| Media | 327,95 | 165,76 | 11,71 | 1.04 |
| Mediana | 346,00 | 168,00 | 11,00 | 1 |
| Moda | 346 | 168 | 10 | 1 |
| Desv. Desviación | 60,379 | 35,046 | 3,952 | 0.203 |
| Varianza | 3645,628 | 1228,244 | 15,621 | 0.041 |
| Mínimo | 125 | 58 | 4 | 1 “Negativo” |
| Máximo | 545 | 232 | 36 | 2 “Positivo” |

En la Tabla 2 se puede observar el análisis de estadísticos de cada marcador bioquímico, tomando en cuenta la Media, Mediana, Moda, Desviación, Varianza, Mínimo y Máximo valor de acuerdo a los valores séricos hallados en cada paciente.

4.2 LDH

Los resultados hallados en la prueba de LDH, se realizaron en todos los adolescentes que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión, luego de hacer el descarte de las muestras se realizó el análisis de datos aplicando frecuencias de acuerdo a la escala de valores séricos bajo (menor a 200 U/L), normal (200 – 400 U/L) y altos (mayor a 400 U/L, los resultados se observan en la Tabla 3.

Tabla 3

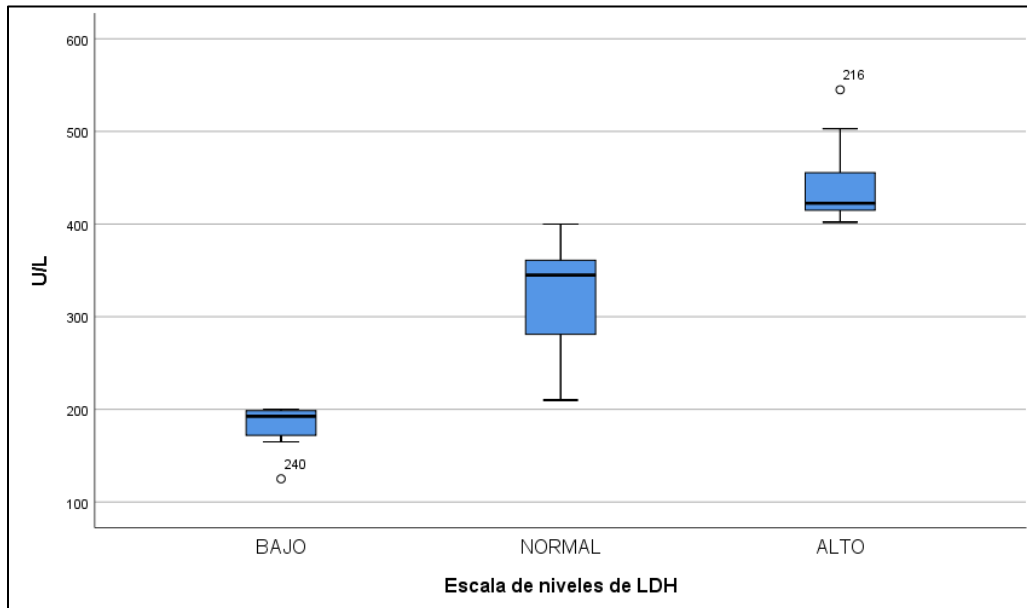
Nivel de LDH en adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna – 2023

| LDH | | | |
|--------|---------------|-----|--------|
| Nivel | V.N. | n | % |
| Bajo | 0 - 200 U/L | 8 | 2,5 % |
| Normal | 200 - 400 U/L | 298 | 91,4 % |
| Alto | 400 U/L a más | 20 | 6,1 % |

En la Tabla 3 se observa que de acuerdo a la escala de valores séricos tenemos que el 2,5% presentan valores bajos, el 91,4% presentan valores normales y el 6,1% presentan valores altos para la prueba de LDH.

Figura 5

Distribución de LDH de acuerdo a los niveles en los adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna – 2023



En la Figura 5 se puede observar la distribución de LDH de acuerdo a los rangos que determinan la escala de los valores séricos hallados, se observa además que la mayoría

de datos se encuentra dentro del rango Normal y que su distribución es variable sin embargo la mediana (360 U/L) nos indica que en los datos se inclina a estar cerca a limite alto, para el rango de valores séricos Bajo se observa que la mediana (209 U/L) está cerca al límite normal, el mínimo valor es de 125 U/L y en el caso del rango para valores Altos se observa la mediana (435 U/L) cerca al límite normal y el valor máximo es de 545 U/L.

4.3 Ck-Total

Los resultados hallados en la prueba de Ck-total, se realizaron en todos los adolescentes que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión, luego de hacer el descarte de las muestras se realizó el análisis de datos aplicando frecuencias de acuerdo a la escala de valores séricos bajo (menor a 24 U/L), normal (24 – 195 U/L) y altos (mayor a 195 U/L), los resultados se observan en la Tabla 4.

Tabla 4

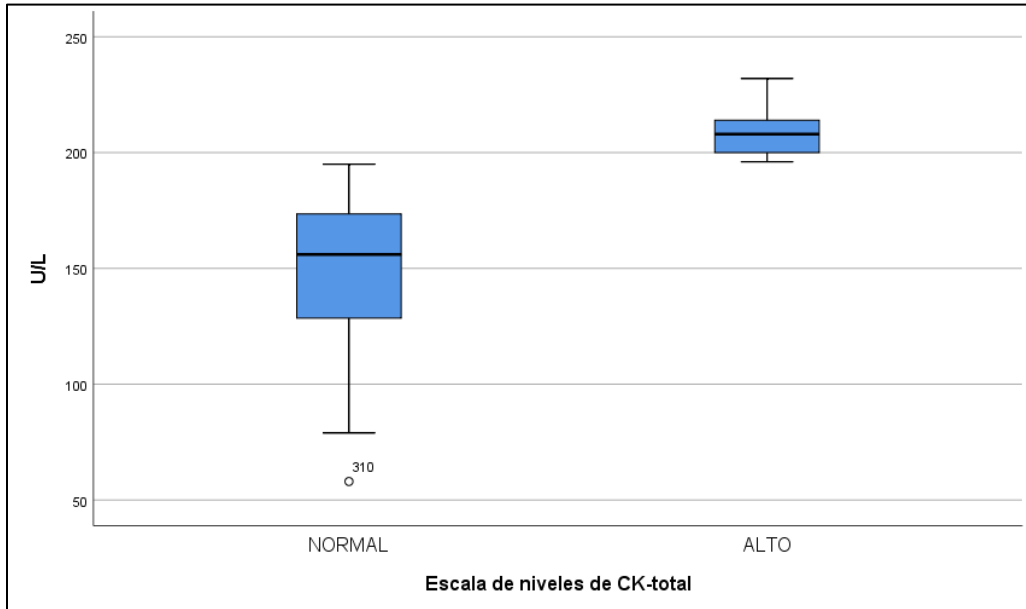
Niveles de CK -TOTAL en adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna – 2023

| CK – total | | | |
|-------------------|---------------|----------|----------|
| Nivel | V.N. | n | % |
| Bajo | 0 – 24 U/L | 0 | 0.0 % |
| Normal | 24 – U/L | 244 | 74,8 % |
| Alto | 195 U/L a mas | 82 | 25,2 % |

En la Tabla 4 se observa que para esta prueba no hay ningún adolescente que presento un valor sérico bajo, el 74,8% presento valores normales y el 25,2% presento valores altos para la prueba.

Figura 6

Distribución de CK-total de acuerdo a los niveles en los adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna – 2023



En la Figura 6 se puede observar la distribución de CK-total de acuerdo a los rangos que determinan la escala de valores séricos hallados, se observa que los datos tienen una distribución variable dentro de lo Normal, la mediana (156 U/L) nos indica que los datos se inclinan al límite superior y el valor más bajo dentro de lo normal fue de 58 U/L; el rango de valores Alto tiene menor distribución y la mediana (207 U/L) nos indica que los datos se inclinan hacia el límite inferior cerca de lo normal y finalmente no hubo casos dentro de nivel Bajo.

4.4 Ck-MB

Los resultados hallados en la prueba de Ck-MB, se realizaron en todos los adolescentes que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión, luego de hacer el

descarte de las muestras se realizó el análisis de datos aplicando frecuencias de acuerdo a la escala de valor sérico normal (0 - 25 UL) y altos (mayor a 25 UL), los resultados se observan en la Tabla 5.

Tabla 5

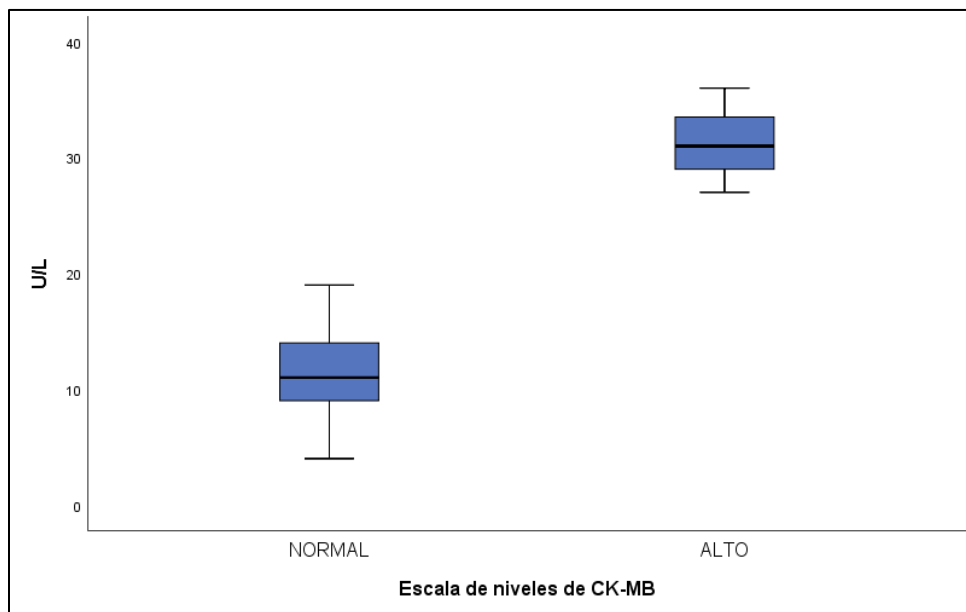
Nivel de CK - MB en adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna – 2023

| CK – MB | | | |
|---------|--------------|-----|--------|
| Nivel | V.N. | n | % |
| Normal | 0 – 25 U/L | 323 | 99,1 % |
| Alto | 25 U/L a mas | 3 | 0.9 % |

En la Tabla 5 se observa que el 99,1% presenta valores séricos normales y el 0,9% presenta valores séricos altos para la prueba CK-MB en los adolescentes.

Figura 7

Distribución de CK-MB de acuerdo a los niveles en los adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna – 2023



En la Figura 7 se observan la distribución de los resultados para CK-MB de acuerdo a la escala de niveles, se observa que para el nivel Normal los datos tienen una distribución variable y la mediana (11 U/L) nos indica que los datos se inclinan ligeramente al límite superior, para el nivel Alto solo se ha encontrado tres casos que tienen una mediana de 31 U/L.

4.5 Índice relativo CK-MB/CK

Los resultados obtenidos para Ck-total y Ck-MB se usaron para determinar la relación CK-MB/CK que de acuerdo a lo que indican los autores, esta relación sirve para una correcta interpretación en el laboratorio como en el manejo clínico. Por tanto, si los valores porcentuales de este índice son $< 4\%$ se sospecha de una lesión muscular, de 4-25% se sospecha de cardiopatía isquémica y si el índice es $> 25\%$ se sospecha de Macro-CK (tipo I o II) o CK-BB pero no excluye la presencia de cardiopatía isquémica, por lo cual se debería solicitar la determinación de troponina I. De acuerdo a estos criterios se obtuvo los siguientes resultados en la Tabla 6. (Ruiz et al., 2006)

Tabla 6

Relación CK-MB/CK en adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna – 2023

| Índice relativo CK-MB/CK | | |
|---------------------------------|----------|----------|
| Nivel | n | % |
| CKMB/CK $< 4\%$ | 23 | 7,1 % |
| $4\% < \text{CKMB/CK} < 25\%$ | 303 | 92,9 % |
| CKMB/CK $> 25\%$ | 0 | 0.0 % |

En la Tabla 6 podemos ver que existe un 7,1% de los adolescentes que tienen un índice menor al 4% por tanto, se sospecha de una lesión muscular, el 92,9% se encuentra entre el 4% y 25%, es decir hay probabilidad que todo esté dentro de lo normal o se sospecha de una cardiopatía isquémica y no existen casos que presenten un índice mayor al 25%.

4.6 PCR

Esta prueba utiliza una suspensión de partículas de poliestireno sensibilizadas con anti-PCR humana. Al enfrentar el reactivo con el suero tiene lugar una reacción antígeno-anticuerpo que se pone de manifiesto por la aglutinación de las partículas de látex que forma agregados fácilmente visibles, lo que nos permitió determinar si es positiva o negativa la reacción, luego del análisis de laboratorio se hizo el análisis de datos para determinar las frecuencias y se obtuvo los siguientes resultados en la Tabla 7.

Tabla 7

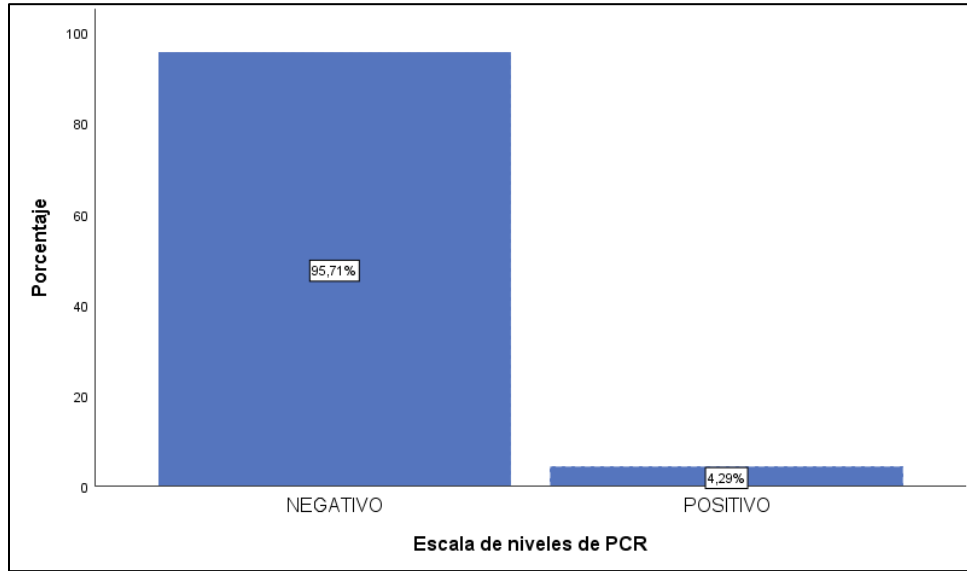
Niveles de Proteína C - Reactiva en los adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna – 2023

| Proteína C – Reactiva | | |
|------------------------------|----------|----------|
| Nivel | n | % |
| Negativo | 312 | 95.7 % |
| Positivo | 14 | 4.3 % |

En la Tabla 7 para la determinación de PCR, se observa que el 95,7% de los adolescentes tienen un resultado Negativo para la prueba de aglutinación, y el 4,3% tiene resultado Positivo para esta prueba.

Figura 8

Niveles de Proteína C - Reactiva en los adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna – 2023



En la Figura 8 podemos observar que los datos son negativos en su mayoría (95,7%) para todos los adolescentes, y el resto de datos son resultados positivos (4,3%) para la prueba de la Proteína C reactiva.

4.7 Frecuencia de alteración en los marcadores de daño muscular

Para determinar que el número de marcadores alterados se ha observado que de los 326 adolescentes que representan la muestra total, 35 presentaron alteración en sus valores séricos y por tanto en la tabla 7 podemos observar cuantos han presentado alteraciones en sus valores séricos de acuerdo a los 4 marcadores utilizados, si presentan alteración en 1 marcador, en 2 marcadores, en 3 marcadores y en los 4 marcadores utilizados para este estudio.

Tabla 8

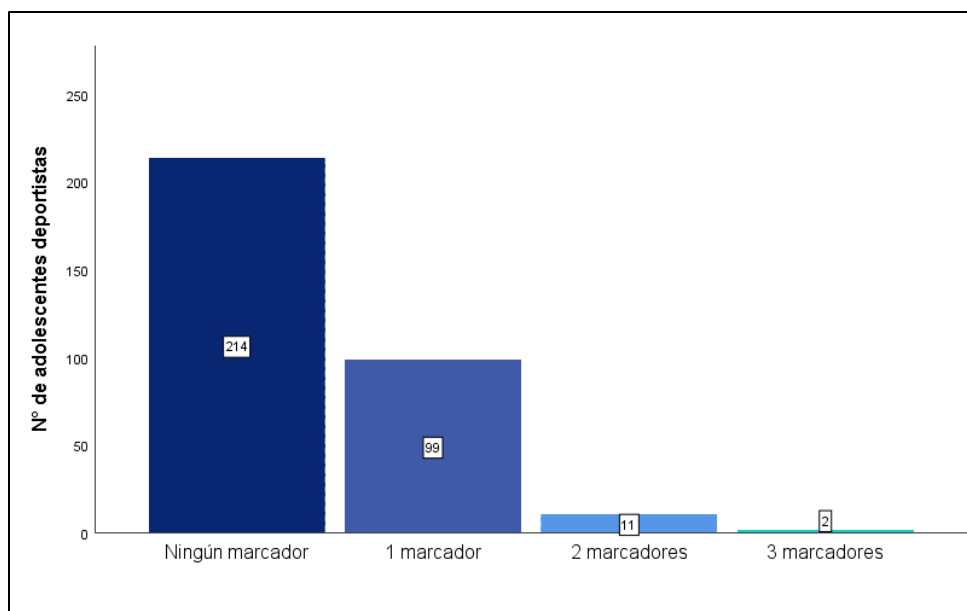
Frecuencia de alteraciones musculares en los adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna – 2023

| Frecuencia de alteraciones | | |
|-----------------------------------|----------|---------------------|
| Nivel | n | Porcentaje % |
| 1 marcador | 99 | 88,4 % |
| 2 marcadores | 11 | 9,8 % |
| 3 marcadores | 2 | 1,8 % |
| 4 marcadores | 0 | 0,0 % |
| Total | 122 | 100 % |

En la Tabla 8 podemos observar que el total de adolescentes que presentan alteración en sus valores séricos, es decir valores que se encuentran fuera de lo normal son 122 adolescentes deportistas, de los cuales el 88,4% presenta alteración en un solo marcador, el 9,8% presentan alteración en dos marcadores, el 1,8% de adolescentes deportistas presentan alteración en tres marcadores y ninguno deportista presenta alteración en los cuatro marcadores.

Figura 9

Frecuencia de alteraciones en los marcadores de daño muscular en los adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna – 2023



En la Figura 9 podemos observar del total de la población de adolescentes deportistas 214 no presentan ninguna alteración, 99 adolescentes deportistas presentaron alteración en un solo marcador, 11 adolescentes deportistas presentaron alteración en dos marcadores, 2 presentaron alteraciones en 3 marcadores y ninguno presento alteraciones en 4 marcadores.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

Los estudios relacionados con deportistas concuerdan en la importancia de realizar análisis preventivos sobre la actividad deportiva, esto favorece a identificar alteraciones tempranas en los valores séricos de los marcadores de daño muscular que podría servir para prever lesiones que limiten su rendimiento físico.

Durante la adolescencia ocurren muchos cambios metabólicos en el cuerpo humano, y en el caso de los deportistas las actividades que se realizan demandan un metabolismo acelerado, sobre todo la necesidad de nutrientes y procesos intercelulares que se desencadenan del aumento de la actividad física, es por esto la importancia de monitorear la salud muscular mediante marcadores biológicos de daño muscular.

La LDH es una enzima que se encuentra en muchos tejidos del cuerpo, pero su presencia es mayor en el corazón, hígado, riñón, músculo, glóbulos rojos, cerebro y pulmones. Participa en el metabolismo energético anaerobio, reduciendo el piruvato procedente de la glucólisis a lactato. Cuando existe daño muscular, es decir, destrucción de fibras musculares, los niveles de LDH en suero aumentan considerablemente, además presenta una gran variedad de isoenzimas que son específicas de diferentes tejidos, lo que aporta más información sobre la procedencia del daño muscular (Palacios, 2015).

En la prueba de LDH se encontró que el 2,5% presenta un valor sérico bajo, el 91,4% presenta un valor sérico normal y el 6,1% presenta un valor sérico alto, estos resultados se asemejan a lo encontrado por Macero en el año 2021 donde encontró que el 98,2% presentan valores normales, el 1,4% presenta valores altos y el 0,4% valores bajos,

es decir la mayoría de los adolescentes presentan valores considerados normales. Sin embargo, se ha visto que LDH se comportó de forma similar para otras disciplinas deportivas (Macero et al., 2021).

Según la “Interpretación de la deshidrogenasa láctica” de Aranda (2010), indica que los parámetros normales en suero dependen de la edad del paciente, en los adultos el rango es de 50 - 150 U/L, en los niños menores de un año es de 170 – 580 U/L, niños de uno a nueve años es de 150 - 500 U/L y desde los 10 a 19 años en rango es de 120-330 U/L. Algo que se observa en los resultados encontrados donde la mayoría de nuestros adolescentes presenta valores dentro de 200-400 U/L acorde a la edad de la población estudiada (Aranda, 2010).

En nuestro trabajo la determinación de CK-total se encontró que el 0.00% tiene bajo nivel sérico, el 74,8% tiene un valor sérico normal y el 25,2% tiene un alto valor sérico; esto concuerda con lo hallado por Macero en el año 2021 en su trabajo en adolescentes de 14 a 18 años encontró que el 95,5% presentaban valores normales, el 4,5% tenían valores altos y el 0% valores bajos. La CK es considerada el principal marcador de daño muscular porque cataliza de forma reversible la formación de fosforil creatina, a partir de una molécula de creatina y una molécula de adenosintrifosfato (ATP), lo que debería observarse en una evidente elevación de los valores normales (Macero et al., 2021).

La CK aumenta durante el ejercicio físico por ruptura de las fibras musculares estriadas. Su elevación es proporcional a la intensidad y duración del ejercicio, pero existe una adaptación en el entrenamiento, que facilita que en personas entrenadas se eleve menos que en sedentarias. Valores elevados respecto al basal (300 U/L), indican trauma o sobreentrenamiento y su concentración en la sangre es útil para monitorear la recuperación de la

actividad normal de los deportistas que puedan sufrir una lesión muscular anterior (Palacios et al., 2015).

En nuestros resultados a pesar de que la mayoría de los adolescentes se encuentra dentro de lo normal, existe un porcentaje mínimo que se encuentra dentro de los niveles altos esto puede deberse a las diferentes etapas de entrenamiento, la adecuación de la carga física, influye el metabolismo muscular y por ende las concentraciones séricas de CK total; como lo que encontró Romero en el año 2022 en un equipo de futbol donde evaluó los valores de CK total pre partido y post partido, y los resultados fueron que en el pre partido la media fue de 329,6 U/L para un partido perdido 328,9 U/L para un partido empatado y 347,5 U/L en un partido ganado y la media del post partido fue de 632,5 U/L para un partido perdido, 702,2 U/L para un partido empatado y 672,5 U/L para un partido ganado, es decir para todos los casos los valores séricos superan los niveles normales para esta prueba (Romero, 2022).

También menciona Marqués en el año 2016 que los niveles altos de CK-III pueden verse afectados por el estado de entrenamiento, y si los niveles persisten en reposo puede ser una indicación de síndrome de sobreentrenamiento o una ingesta nutricional inadecuada. Se dice que la actividad sérica de CK-III alcanza valores máximos entre las 6-24 horas post- ejercicio y vuelve a la normalidad entre 48-72 horas, en los futbolistas las concentraciones suelen oscilar entre 83 y 1492 U/L (Marqués et al., 2016).

En la determinación de CK-MB se encontró que el 0% tiene bajo nivel sérico, el 99,1% tiene un valor sérico normal y el 0,9% tiene un alto valor sérico, similar a lo que halló Macedo en el año 2021, donde encontró que el 97,7% presenta valores normales, el 2,3% presenta valores altos y el 0% presenta valores bajos, es decir los resultados hallados

en este marcador muestran que la mayoría los adolescentes presentan valores normales al igual que nuestros resultados (Macero et al., 2021).

La relación entre la CK-MB y la CK-total también conocido como índice relativo, puede ayudar en la interpretación de resultados de laboratorio y de esa forma mejorar el diagnóstico del paciente, en nuestros resultados encontramos que 7,1% de los adolescentes presenta un índice menor al 4%, el 92,9% presenta un índice mayor al 4% pero menor al 25% y ningún participante obtuvo un índice mayor al 25%; esto debido a que algunos autores mencionan que cuando el índice es $> 25\%$ podría deberse a una elevación miocárdica más que esquelética de la CK-MB, pero es diagnosticada, habría que confirmarlo con una determinación de Troponina I. Cuando el índice es $< 4\%$, quiere decir que el valor de Ck total ha aumentado o el valor de CK-MB es bajo, por lo tanto se sospecha de una lesión muscular. Esto se explica porque el porcentaje de CK-total incluye los valores de CK-MM que es específica de la estructura miofibrilar línea-M localizada en el sarcómero, aquí se encuentra el 5-10% del total de CK-MM. (Romero, 2022).

Para el caso del marcador PCR en el presente trabajo se encontró que el 95.7% de los adolescentes tuvieron con resultado Negativo y solo el 4,3% tuvieron un resultado positivo, esto porque al realizar actividad física durante el entrenamiento deportivo prolongado o de manera inadecuada se suele generar un proceso inflamatorio, la PCR es una proteína que es inducida por la IL-6 en el hígado y por tanto se evidencia con biomarcadores sensibles de inflamación, infección y daño tisular como respuesta al esfuerzo (Liu et al., 2020) (Peralta Fuentes & Sáenz Guzmán, 2019).

Se ha observado que los resultados obtenidos para la proteína C reactiva en su mayoría los pacientes no presentan una alteración, esto se debe a que la PCR se incrementa

aceleradamente con un alto nivel en un proceso inflamatorio y a su vez reduce precipitadamente sus niveles con una excreción entre 4 a 9 horas (Beltrán Manrique, 2022).

Otra de sus ventajas es que la PCR no se encuentra alterada por situaciones como anemia, policitemia, niveles de proteína, forma de glóbulos rojos, sexo y un aspecto importante como es la edad del paciente y otro tipo de enfermedades inflamatorias. Es por esto que se aplicó dentro de los criterios de exclusión la Velocidad de sedimentación, dado que esta prueba sí se altera por todos estos rasgos (Beltrán Manrique, 2022).

Según nuestro criterio, la proteína C reactiva se podría utilizar como un biomarcador de traumatismo y lesiones a nivel tisular, lo que concuerda con nuestro trabajo porque los valores hallados como positivos para inflamación tisular coinciden con los valores hallados para CK-total (Fiallos, 2022).

CONCLUSIONES

1. Existen alteraciones en los marcadores bioquímicos de daño muscular en los adolescentes de semilleros deportivos de la ciudad de Tacna.
2. Se obtuvo una muestra de 326 adolescentes deportista que cumplieron con realizarse la toma de muestra y cumplir con los criterios de inclusión y exclusión.
3. Respecto a la prueba LDH se evidencia que el 2,5% de los adolescentes presenta valores de nivel bajo, el 91,4% presenta valores dentro de lo normal y el 6,1% presenta un valor alto. Para la prueba de CK-total, se evidencia que el 74,8% se encuentra dentro de lo normal y el 25,2% presenta un valor alto. Para la prueba de CK-MB, se evidencia que el 99,1% se encuentra dentro de los valores normales y solo 0,9% presenta un valor alto. Para la prueba PCR, se ha observado que el 95,7% de los adolescentes tuvieron un resultado negativo y el 4,3% tuvieron un resultado positivo
4. De acuerdo al índice relativo de CK-MB/CK el 7,1% de los adolescentes deportistas presentan daño muscular.

RECOMENDACIONES

1. Se insta al Liga Departamental del Fútbol Tacna, realizar estudios de índole y naturaleza similar como análisis preventivo para los deportistas.
2. Profundizar en estudios cardiológicos como el análisis de la troponina I, la cual servirá para descartar la cardiopatía isquémica.
3. Realizar estudios durante los entrenamientos para evaluar los parámetros antes y después de un partido, y como va evolucionando los niveles de los marcadores de daño muscular.
4. Realizar un estudio específico del Gen CK-MM ya que las variantes genéticas pueden ser una variable clave para el rendimiento de los deportistas, además de la prevención de lesiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ariznavarreta, C., Cachofeiro, V., Cardinali, D., Escrich Escriche, E., Gil-Loyzaga, P., Lahera Juliá, V., Tamargo Menéndez, J. (2005). *FISIOLOGIA HUMANA 3era Edicion*. Mexico: McGRAW-HILL INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.U.
- Aragón, J. (2017). Validación de la α -actina como marcador de daño muscular en diferentes disciplinas deportivas [Universidad de Granada]. En *Centro de Investigación Biomédica* (Número 1). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Aranda, E. (2010). Interpretación de la deshidrogenasa láctica. *Clinics in Laboratory Medicine*, 6(2), 132–134. [https://doi.org/10.1016/s0272-2712\(18\)30799-6](https://doi.org/10.1016/s0272-2712(18)30799-6)
- Atencio, E. (2017). Instituto de medicina física y rehabilitación para lesiones músculo esqueléticas y deportivas en la región de Tacna [Universidad Privada de Tacna Facultad]. En *Articulo de Financial Distress*. <http://www.upt.edu.pe/upt/web/home/contenido/100000000/65519409>
- Avila, M. (2021). *Revisión crítica: parámetros de daño muscular en deportistas que entrenan en altura o en condición de hipoxia trabajo*. Universidad Norbert Wiener.
- Beltrán Manrique, M. Y. (2022). Velocidad de Sedimentación globular y proteína- C reactiva para el descarte de inflamación en Adulto Mayor del Hospital Público Chimbote 2019. Chimbote - Perú.
- Borda, J., & Ormeño, M. (2010). Rendimiento deportivo de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos en los juegos deportivos universitarios nacionales de Trujillo 2006 y Tacna 2008. *Investigación Educativa*, 14(25), 155–181.

- De Oliveira Netto, Z. C. (2019). *Estudio molecular de los genes ECA, ACTN-3, y CK-MM en practicantes de atletismo de alto rendimiento – énfasis en pruebas de potencia anaerobia*. Murcia: Universidad Católica de Murcia.
- Fiallos, J. (2022). *Proteína C reactiva como biomarcador de procesos inflamatorios* (Número 8.5.2017) [Universidad Nacional de Chimborazo]. <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/autism-spectrum-disorders>
- Giraldo, J., & Sánchez, M. (1998). El lactato como posible factor del mecanismo de fatiga muscular. *Colombia Medica*, 29(2–3), 87–91.
- Gomez, R., Cossio, M., Brousett, M., & Hochmuller, R. (2010). Mecanismos implicados en la fatiga aguda. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 13(2), 90–94.
<http://cdeporte.rediris.es/revista/revista40/artmecanismo171.htm%0AREVISIÓN>
- Guzman, M. (2016). Efectos de una rutina de entrenamiento fisicoculturista en variables biológicas relacionadas al estrés producido en un practicante novato de 26 años, Arequipa 2016 [Universidad Nacion de San Agustin]. En *Nature Methods* (Vol. 7, Número 6).
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26849997%0Ahttp://doi.wiley.com/10.1111/jne.12374>
- Hernandez, N., Cervantes, N., & Carrasco, C. (2022). Comparación de pruebas para medir la fatiga muscular en el entrenamiento de atletas hombres de CrossFit: una revisión sistemática. *Retos*, 43, 923–930. <https://doi.org/10.47197/retos.v43i0.89787>
- Liu, F., Li, L., Xu, M., Wu, J., Luo, D., & Zhu, Y. (2020). *Prognostic value of interleukin-6, C-reactive protein, and procalcitonin in*. China: *Journal of Clinical Virology* 127.
- Macero, R., Baculima, J., Orellana, I., & Cárdenas, J. (2021). 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>

Marqués, D., Calleja, J., Arratibel, I., & Terrados, N. (2016). Marcadores bioquímicos relevantes del proceso de recuperación en fútbol. *Universidad de Oviedo*, 33(6), 404–412.

<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/ibc-160574>

Mateos, P. (2009). Marcadores sanguíneos utilizados en el diagnóstico y pronóstico del riesgo cardiovascular. En *Libro de la salud cardiovascular* (Vol. 1, pp. 231–238). Unidad de Investigación Cardiovascular del Instituto Cardiovascular.

https://www.fbbva.es/microsites/salud_cardio/mult/fbbva_libroCorazon_cap25.pdf

MINSA. (2013). Procedimientos de Laboratorio. En *Instituto Nacional de Salud*.

<http://bvs.minsa.gob.pe/local/minsa/2660.pdf>

Montesdeoca, A. R. J. T. M. V. N. (2019). Concentración sérica de creatina-quinasa y funcionalismo renal en adultos de centros de entrenamiento físico de Calceta. *Dominio de las Ciencias*, 5(2477–8818), 818–842.

<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23857/dc.v5i1.1085>

Narváez, R. (2019). Análisis de los Biomarcadores de daño muscular y su correlación con el marcador de fatiga cmj en patinadores de fondo a 2600msnm. En *Universidad Nacional de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.

Navarro, A., Barruecos, J., Godoy, L., Narvaez, A., Galeas, J., Robles, A., & Fernández, J.

(2013). Effect of exhaustive exercise on the immune system, measured through complement activation and C-reactive protein. *Archivos de Medicina del Deporte*, 30(158), 348–353.

- Pajuelo, O. (2017). *Efecto de un suplemento deportivo sobre los marcadores bioquímicos musculares y el rendimiento físico en ratones sometidos a nado forzado* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/7390>
- Palacios, G., Pedrero, R., Palacios, N., Maroto, B., Aznar, S., & González, M. (2015). Biomarcadores de la actividad física y del deporte. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 9(18), 235–242. <https://doi.org/10.15332/s1794-3841.2012.0018.11>
- Peralta Fuentes, J. M., & Sáenz Guzmán, C. (2019). *PROTEÍNA C REACTIVA ULTRASENSIBLE Y RIESGO CARDIOVASCULAR EN PACIENTES CON DIABETES MELLITUS TIPO 2*. Guatemala: UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA.
- Quinchanegua, J. E. M. (2017). La Fatiga, Tipos Causas Y Efectos. *Revista digital: Actividad Física y Deporte*, 3(2), 87–95.
<https://revistas.udca.edu.co/index.php/rdafd/article/view/376>
- Revilla, G. (2020). Lateralidad y dolor musculoesquelético de miembros inferiores en futbolistas del distrito de Tacna, 2019 [Univeridad Privada de Tacna]. En *Articulo de Finacial Distress*. <http://www.upt.edu.pe/upt/web/home/contenido/100000000/65519409>
- Romero, Á. (2022). Biomarcadores Musculares y Carga Externa en un equipo profesional de fútbol [Universidad de Sevilla]. En *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 18, Número 7960). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijerph18157960>
- Ruiz Ginés, M. A., Calafell Mas, M. F., Ruiz Ginés, J. A. , & Fernández Rodríguez, E. (2006). *Macro creatine kinase: illness marker. Practical guide for the management*. Madrid: An. Med. Interna vol.23 no.6.
- Sarmiento, L. (2020). Comparación del efecto de la aplicación de easy flossing nivel 1 y nivel 2

en disfunción femoropatelar de futbolistas de Tacna en el año 2019 [Universidad Privada de Tacna Facultad]. En *Articulo de Finacial Distress*.

<http://www.upt.edu.pe/upt/web/home/contenido/100000000/65519409>

Urdampilleta, A., Armentia, I., Gómez, S., Martínez, J., & Mielgo, J. (2015). La fatiga muscular en los deportistas: Métodos físicos, nutricionales y farmacológicos para combatirla. *Archivos de Medicina del Deporte*, 32(1), 36–43.

ANEXOS

Anexo 1

Ficha de consentimiento informado para participar del proyecto

| | |
|--|--|
| HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PROYECTO DE INVESTIGACIÓN | |
| “ESTUDIO DE MARCADORES BIOQUIMICOS DE DAÑO MUSCULAR EN ADOLESCENTES DE SEMILLEROS DEPORTIVOS DE LA CIUDAD DE TACNA - 2022” | |
| <p>Yo, de..... años de edad. He leído la hoja de información que se me ha entregado. He podido hacer preguntas sobre el estudio. Así como he recibido suficiente información sobre este estudio de investigación.</p> <p>He hablado con los investigadores de este estudio ante las dudas que he tenido y comprendo que puedo retirarme del estudio en cualquier momento sin tener que dar explicaciones y sin repercusión o perjuicio alguno hacia mi persona.</p> <p>Por medio del presente documento consiento voluntariamente participar en la investigación “ESTUDIO DE MARCADORES BIOQUIMICOS DE DAÑO MUSCULAR EN ADOLESCENTES DE SEMILLEROS DEPORTIVOS DE LA CIUDAD DE TACNA - 2022”</p> <p>Tacna,de 202__</p> <p>Hora:</p> | |
| <p>.....</p> <p>Firma del participante</p> <p>Nombre:</p> <p>DNI:</p> <p>.....</p> <p>Firma del Investigador</p> <p>Nombre:</p> <p>DNI:</p> | <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; margin: 0 auto;"></div> <p>Índice derecho</p> |

Anexo 2

Ficha de recolección de datos

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

INSTITUTO PERUANO DEL DEPORTE - LIGA DEPARTAMENTAL DE FUTBOL DE TACNA - FEDERACION PERUANA DE FUTBOL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN "ESTUDIO DE MARCADORES BIOQUÍMICOS DE DAÑO MUSCULAR EN ADOLESCENTES DE DEPORTIVOS DE LA CIUDAD DE TACNA - 2022"

FECHA:



| N° | APELLIDOS Y NOMBRES | ANTECED. D/H/C | EQUIPO DEPORTIVO | EDAD | SEXO | TALLA | PESO | PRESION ARTERIAL | PERIMETRO DE CINTURA | PERIMETRO DE CADERA | PROCED. | N° CELULAR |
|----|---------------------|----------------|------------------|------|------|-------|------|------------------|----------------------|---------------------|---------|------------|
| 1 | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | |