

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN NUTRICIONAL DE AMINOACIDOS DE
CADENA RAMIFICADA EN ATLETAS DE RESISTENCIA Y FUERZA DE EDAD
ADULTA: UNA REVISIÓN DE LITERATURA.**

NIKOL PAMELA RAMIREZ GÓNGORA

TRABAJO DE GRADO

Presentado como requisito parcial para optar por el título de

NUTRICIONISTA DIETISTA

MONICA MARIA FLOREZ ESPITIA., ND. MSc.

Directora

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE NUTRICIÓN Y DIETETICA

BOGOTÁ, D.C. 2022

NOTA DE ADVERTENCIA

Artículo 23 de la Resolución N° 13 de Julio de 1946

“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Solo velará por qué no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y por qué las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia

**EFFECTO DE LA SUPLEMETACIÓN NUTRICIONAL DE AMINOACIDOS DE
CADENA RAMIFICADA EN ATLETAS DE RESISTENCIA Y FUERZA DE EDAD
ADULTA: UNA REVISIÓN DE LITERATURA.**

NIKOL PAMELA RAMIREZ GÓNGORA

MONICA MA. FLOREZ 

Mónica María Flórez Espitia
Nutricionista Dietista. MSc
Directora



Dayssy Yineth Diaz Betancourt
Nutricionista Dietista. MSc
Jurado

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN NUTRICIONAL DE AMINOACIDOS DE
CADENA RAMIFICADA EN ATLETAS DE RESISTENCIA Y FUERZA DE EDAD
ADULTA: UNA REVISIÓN DE LITERATURA.**

NIKOL PAMELA RAMIREZ GÓNGORA

Alba Alicia Trespalacios Rangel
Bacteriologa, MSc, PhD.
Decana de la Facultad

Luisa Fernanda Tobar Vargas
Nutricionista Dietista, MSc.
Directora de la Carrera

Dedicado a mis padres Gina Milena G3ngora y Derly Jes3s Ram3rez.

AGRADECIMIENTOS

Debo agradecer principalmente a Dios y a todos los santos a los que me encomiendo, por guiarme e impulsarme a forjar mi camino para llegar al lugar indicado, en ellos deposito mis preocupaciones, mis mayores temores, mis tristezas, mis alegrías y mis triunfos.

A mi madre Gina Góngora por ser mi mayor inspiración, por impulsar mi vida, motivarme a salir adelante y no permitir que me conforme con nada, por confiar en mí y en todas las decisiones que he tomado hasta ahora, por luchar mano a mano conmigo para conseguir todo aquello que mi corazón anhela. Ella es la viva imagen de amor incondicional y de entrega absoluta cuando se trata de mí, soy muy afortunada de tenerte en mi vida.

A mi padre Derly Ramirez por ser mi protector a lo largo de mi vida, por enseñarme a ver que cuando trabajas por tus sueños sin importar cuan duro sea conseguirlos al final siempre obtendrás una recompensa, el representa en mi vida la tranquilidad y la perseverancia en los momentos más difíciles, siempre será un privilegio compartir experiencias y momentos junto a ti.

A mi abuelita Rebeca Yosa, mi tía Maritza Ramirez, mi tío Juan Amórtegui, mi prima Sharom y mi primo Carlos, por ser parte de mi vida y por ser partícipes de todo mi crecimiento académico y personal.

A mi mejor amiga Valentina Medina, por ser mi cómplice y mi soporte en momentos difíciles, hay tanto porque agradecerte, pero principalmente quiero darte gracias por siempre estar ahí para mí, por ser partícipe de todas mis aventuras y mis locuras, por darme esa voz de aliento que de vez en cuando necesito, por confiar siempre en todo mi potencial y por complementar mi vida, eres el mejor regalo que Dios me ha podido dar.

A las personas que de cierta forma me inspiraron, me motivaron y me ayudaron en la construcción de este sueño que día a día se vuelve cada vez en una realidad (Felipe Angulo, Carolina Camacho, Estefanía Larrazábal, Valentina Cáceres, Valeria Gutiérrez, Isaioa Villacob, Daniela Forero, Sofía Ramirez y Lilu Góngora). Les agradezco infinitamente su apoyo incondicional y sin ataduras durante todo este proceso, ha sido un placer el haber podido coincidir con ustedes en esta vida.

A mi directora Mónica Flórez, por aceptar y querer orientarme en la elaboración de este trabajo de grado, el tiempo, la paciencia y la dedicación que me ofreció siempre fue constante.

A Hernán Morales, bibliotecólogo de la Facultad de Ciencias por la dedicación y apoyo que me brindo en las asesorías personalizada.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO TEORICO	2
2.1. Atleta	2
2.2. Actividad física, ejercicio físico y deporte.....	2
2.3. Mercadeo.....	2
2.4. Suplemento dietario.....	3
2.5. Aminoácidos de cadena ramificada (AACR).....	4
2.6. Parámetros fisiológicos	4
2.6.1 Daño muscular.....	4
2.6.2. Recuperación muscular	5
2.6.3. Masa muscular o musculo esquelético	6
2.6.4. Fatiga muscular	6
2.6.5. Fuerza, fuerza muscular y fuerza máxima	8
2.7.6. Composición corporal	9
3. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA.....	11
4. OBJETIVOS	13
4.1. Objetivo general	13
4.2. Objetivos específicos.....	14
5. METODOLOGIA	14
5.1. Diseño de investigación	14
5.2 Métodos.....	14
5.2.1. Criterios para la selección de los estudios.....	14
5.2.2. Estrategia de búsqueda.....	15
5.3. Proceso de recolección y análisis de la literatura	16
5.4. Descriptores de búsqueda.....	16
5.4. Recolección y organización de la información	19
5.5. Análisis de la información	20
6. RESULTADOS.....	21
6.1. Información general de los artículos seleccionados.....	21
6.2. Dosis y posología en la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada.	22
6.3. Tiempo de intervención de los artículos seleccionados	23
6.4. Efectos de la suplementación en el parámetro de daño y recuperación muscular.	23
6.5. Efectos de la suplementación en el parámetro masa muscular y fuerza.	24
6.6. Efectos de la suplementación en el parámetro de composición corporal.....	25
7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	27

7.1. Suplementación y posología con aminoácidos de cadena ramificada.....	28
7.2. Efectos de la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada con respecto al parámetro de daño y recuperación muscular.....	28
7.3. Efectos de la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada con respecto al parámetro de masa muscular y fuerza.	31
7.4. Efectos de la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada con respecto al parámetro composición corporal.	32
7.5. Efectos de la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada con respecto al parámetro fatiga.....	32
7.6. Fortalezas, oportunidades y debilidades de la investigación.....	33
8. CONCLUSIONES.....	34
9. RECOMENDACIONES.....	35
10. BIBLIOGRAFIA.....	36

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión para la selección de artículos.....	15
Tabla 2. Cadenas de búsqueda finales y numero de resultados según la base de datos.....	17
Tabla 3. Información general de los sujetos.....	21

INDICE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de metodología para la recolección de artículos.	20
Figura 2. Valores de referencia para la suplementación de aminoácidos de cadena ramificada y posología según los autores.	22
Figura 3. Tiempo de intervención según los autores.	23
Figura 4. Efectos de la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada con respecto al parámetro de daño y recuperación muscular.	24
Figura 5. Efectos de la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada con respecto al parámetro de masa muscular y fuerza.	25
Figura 6. Efectos de la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada con respecto al parámetro composición corporal.	26
Figura 7. Efectos de la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada con respecto al parámetro fatiga.	27

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de conocimiento para la revisión de literatura..... 46

RESUMEN

Introducción: En la actualidad, un gran número de deportistas consideran que llegan a tener dificultades a la hora de alcanzar sus requerimientos de proteína a partir de los alimentos. Es por esta razón que optan por ingerir suplementos nutricionales, los cuales en los últimos años han incrementado sus ventas y los deportistas los consumen para cubrir sus requerimientos nutricionales. Los aminoácidos de cadena ramificada hacen parte del grupo de suplementos nutricionales, los cuales se considera que tienen posibles efectos sobre el tejido muscular que son causados por el ejercicio físico. Por ello, el objetivo de la presente revisión de literatura es describir la causa y efecto de la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada sobre el daño muscular, la recuperación muscular, ganancia de la masa muscular y fuerza, composición corporal y fatiga en atletas de resistencia y fuerza de edad adulta en rendimiento deportivo y recreativo. **Materiales y Métodos:** Estudio descriptivo de revisión de literatura. Se realizó una búsqueda de palabras claves en bases de datos EbscoHost, Scopus, PubMed y Embase. **Resultados:** Se estudian los efectos de los aminoácidos de cadena ramificada (AACR) en variables como daño muscular, recuperación muscular, masa muscular, fuerza, composición corporal y fatiga. La suplementación con AACR puede ser eficaz en los resultados de daño muscular inducido por el ejercicio. Sin embargo, se encontró una alta heterogeneidad con respecto a los resultados de los diferentes estudios y la pequeña cantidad de estudios no permite evaluar con mayor precisión las demás variables mencionadas. **Conclusiones:** El suplemento con aminoácidos de cadena ramificada podrían tener un efecto positivo en la disminución del daño muscular posterior al ejercicio y recuperación muscular. Sin embargo, hacen falta más estudios para esclarecer los beneficios que los diferentes autores mencionan tener sobre la composición corporal, la fatiga, incremento de la masa muscular y la fuerza.

ABSTRACT

Introduction: Currently, a large number of athletes considering that they have difficulties in meeting their protein requirements from food. It is for this reason that they choose to take nutritional supplements, which in recent years have increased their sales and athletes consume them to cover their nutritional requirements. Branched-chain amino acids are part of the group of nutritional supplements, which are considered to have possible effects on muscle tissue that are caused by physical exercise. Therefore, the objective of this literature review is to describe the cause and effect of branched-chain amino acid supplementation on muscle damage, muscle recovery, gains in muscle mass and strength, body composition, and fatigue in endurance athletes. and adulthood strength in athletic and recreational performance. **Materials and Methods:** Descriptive literature review study. A keyword search was performed in EbscoHost, Scopus, PubMed and Embase databases. **Results:** The effects of branched chain amino acids (BCAA) on variables such as muscle damage, muscle recovery, muscle mass, strength, body composition and fatigue are studied. BCAA supplementation may be effective in results of exercise-induced muscle damage. However, a high heterogeneity was found regarding the results of the different studies and the small number of studies does not allow a more precise evaluation of the other variables mentioned. **Conclusions:** The supplement with branched chain amino acids could have a positive effect on the reduction of muscle damage after exercise and muscle recovery. However, more studies are needed to clarify the benefits that different authors mention having on body composition, fatigue, increased muscle mass and strength.

EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN NUTRICIONAL DE AMINOACIDOS DE CADENA RAMIFICADA EN ATLETAS DE RESISTENCIA Y FUERZA DE EDAD ADULTA: UNA REVISIÓN DE LITERATURA.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, lo que se consume llega a considerarse un factor importante en el éxito deportivo, donde a partir de unos años atrás hasta el presente día, se encuentran diversas estrategias nutricionales para mejorar el rendimiento deportivo sin importar el tipo de competencia (fuerza, resistencia o deportes mixtos). Se conoce que los deportistas consumen frecuentemente distintos tipos de suplementos nutricionales con el fin de mejorar su rendimiento tanto físico como deportivo. Sin embargo, muchas veces este consumo no se hace bajo indicaciones médicas o por la asesoría de un nutricionista dietista, sino que llega a estar influenciado por el patrocinio de las marcas comerciales, influenciadores o personas que desconocen el tema.

En relación con lo anterior, la industria de suplementos deportivos día a día muestra una creciente demanda en el mercado del deportista, donde llega a disponerse de varios productos con facilidad de acceso, los cuales pueden encontrarse de diferentes formas como cápsulas, geles, tabletas, líquidos o polvos, aunque muchos de ellos no cuentan con efectos científicamente comprobados.

Ahora bien, los aminoácidos más concretamente los aminoácidos de cadena ramificada, son un suplemento que presenta un creciente consumo en los últimos años y sus principales consumidores son deportistas, atletas olímpicos y personas que realizan ejercicio en gimnasios o que practican actividad física regular.

Por esta razón, surge la necesidad de hacer una revisión literaria que proporcione un análisis exhaustivo de la literatura con respecto a cómo actúa la suplementación de aminoácidos de cadena ramificada frente a el posible efecto positivo sobre el daño muscular, el dolor y la función muscular, los metabolitos energéticos, las sustancias para la fatiga y para el dolor muscular, muchos de estos inducidos por el ejercicio.

2. MARCO TEORICO

2.1. Atleta

El atleta es aquel que participa en actividades específicas de competición, en las cuales se valora intensamente la práctica de ejercicios físicos con vista en la obtención de resultados, adicional a esto, se llegan a clasificar en aficionados y profesionales (Montes, 2004). Estos llegan a poseer diferentes características físicas y psicológicas, lo que les permite destacar en su desempeño deportivo y competitivo (Guerrero & Riera, 2017).

2.2. Actividad física, ejercicio físico y deporte

La actividad física, ejercicio físico y deporte son conceptos muy diferentes que llegan a utilizarse erróneamente. La primera se conoce como cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos, lo cual puede darse de manera voluntaria para aumentar el gasto de energía, es decir, es todo aquel movimiento que se realiza incluso durante el tiempo de ocio, para desplazarse de un lugar a otro (Sharif et al., 2018). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) los adultos de 18 a 64 años deberían dedicar como mínimo 150 minutos semanales a practicar actividad física aeróbica, con intensidad moderada o pueden hacer 75 minutos de actividad física aeróbica vigorosa en cada semana (OMS,2017).

El ejercicio físico, por su lado, es considerado como una actividad física planificada, estructurada y repetitiva ejecutada con el objetivo de mejorar o mantener la condición física de un individuo (Aznar & Webster, n.d.). Por ejemplo, las actividades como subir las escaleras y hacer oficios varios dentro del hogar no pueden catalogarse como un ejercicio estructurado y planificado, pero si se considera como una actividad física (Fernando, 2009)

Por último, tenemos el deporte, el cual se puede entender como “todo tipo de actividades físicas que, mediante una participación organizada y según el cumplimiento de los reglamentos, tenga por finalidad la mejora de la condición física o psicológica, el desarrollo de las relaciones sociales o el logro de resultados en competiciones de todos los niveles” (Carta Europea Del Deporte, 1992).

2.3. Mercadeo

El mercado de los suplementos nutricionales en la actualidad ha venido cambiando y esto se debe a que un gran número de personas se ha ido incorporando en gimnasios o deciden empezar a realizar actividad física regular. Es por esta razón, que se hace importante mencionar que en el ambiente en el que se desenvuelven los deportistas y atletas se observa

una alta demanda y consumo de suplementos nutricionales, los cuales se ha convertido en una de las industrias que mueve anualmente billones de dólares. En Estados Unidos se venden cerca de 25 billones de dólares de dichos suplementos (Jorquera Aguilera et al., 2016). Actualmente, en el país, este mercado ha incrementado. Para el 2019 se esperaban unas ventas estimadas de \$274.300 millones con una variación del 33% respecto al valor registrado en el 2014 según datos de Euromonitor (Portafolio, 2019). Esto provoca una mayor oferta de suplementos nutricionales en tiendas especializadas, tiendas de alimentos, tiendas deportivas, tiendas virtuales y mercado online (Jorquera Aguilera et al., 2016).

2.4. Suplemento dietario

Ahora bien, teniendo en cuenta su alta demanda y consumo, un suplemento dietario se define como un alimento nutricional y deportivo que brinda energía y nutrientes de forma diferente a los alimentos normales como un apoyo nutricional (Maughan et al., 2018). Los suplementos dietéticos son utilizados en todos los niveles del deporte por los atletas. Se conoce que aproximadamente la mitad de la población adulta de los Estados Unidos usa algún tipo de estos suplementos, lo que hace más probable que haya una prevalencia similar en muchos otros países (Maughan et al., 2018).

Los atletas son unos de los más grandes consumidores de suplementos nutricionales, en especial aquellos que compiten de manera profesional (Pérez-Monzón et al., 2021). En la mayoría de los países que cuenta con una legislación sobre los suplementos, esta suele ser mínima o no se cumple, lo que permite que se distribuyan o comercialicen productos con atributos no comprobados o que simplemente no cumplen los estándares de rotulación ni de composición. Esto sucede porque no son productos que se sometan a los exigentes controles a los que se someten los fármacos (Cristina Olivos et al., 2012).

Dicho lo anterior, en Australia, un país con una regulación muy completa frente a estos temas, se han clasificado los suplementos en 4 grupos (Pérez-Monzón et al., 2021):

- Grupo A: Son aquellos que están aprobados. Estos aportan energía o nutrientes, así como beneficios, los cuales están verificados científicamente.
- Grupo B: Tienen una baja consideración, ya que no cuenta con evidencia sustancial, pero son de interés por lo que se requiere de más estudios.
- Grupo C: No tienen evidencia, estos no contribuyen al incremento del rendimiento

deportivo, e incluso pueden ser perjudiciales.

- Grupo D: Son los considerados como prohibidos y como dopaje.

2.5. Aminoácidos de cadena ramificada (AACR)

Entre los suplementos nutricionales encontramos a los aminoácidos de cadena ramificada. En la naturaleza existen 20 tipos de aminoácidos, con una estructura compuesta por hidrógeno, un grupo amino y un grupo carboxilo unido a un carbono central (De et al., 2019). Entre los aminoácidos, el ser humano tiene la capacidad de sintetizar 11 de manera endógena, estos se conocen como aminoácidos no esenciales (De et al., 2019). Los otros 9 se denominan aminoácidos esenciales, los cuales deben obtenerse a partir de la dieta (De et al., 2019). Entre los aminoácidos esenciales se destacan tres, en especial entre los deportistas y personas físicamente activas, los cuales se denominan aminoácidos de cadena ramificada (Gutiérrez et al., 2020). Los AACR son la leucina, isoleucina y la valina. Estos aminoácidos se caracterizan por poseer en su estructura un residuo ramificado como conjuntos de aminoácidos, y compartir un sistema de transporte de membrana y enzimático para reacciones de descarboxilación oxidativa y transaminación, lo que indica que los tres aminoácidos comparten una ruta y destino metabólico (Salinas-García et al., 2015). Los AACR son responsables de la formación del 35% del tejido muscular, y actualmente se han convertido en un suplemento dietario popular comercializado para atletas de alto rendimiento (Marcon & Zanella, 2022). Los AACR han sido descritos por varios autores como un suplemento ergogénico potencial, que ayuda a la recuperación muscular y al rendimiento durante el ejercicio (Marcon & Zanella, 2022).

2.6. Parámetros fisiológicos

Los parámetros fisiológicos son considerados herramientas fundamentales al momento de evaluar la respuesta frente a ciertas variables, como la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno, comparado con las intensidades de entrenamiento (Mahecha, 2021). Es decir, son mediciones funcionales que se hacen según los cambios que suceden en el organismo.

2.6.1 Daño muscular

El daño muscular se caracteriza por alteraciones histológicas de las fibras musculares y del tejido conectivo, desarrollo de dolor muscular de aparición tardía (DMAT), aumento de la creatina quinasa (CK) circulante y disminución de la fuerza muscular (Nosaka et al., 2011). Lo anterior es inducido por una estimulación eléctrica (ES), pero también por contracciones excéntricas e isométricas evocadas por dicha estimulación (Nosaka et al., 2011). Existen

diferentes parámetros que nos permiten evaluar el daño muscular como la creatina quinasa, el lactato deshidrogenasa, la mioglobina y el dolor muscular de inicio tardío (DOMS).

En primer lugar, la creatina quinasa (CK) es una enzima requerida por las células musculares del organismo para funcionar. Sus niveles se elevan en diferentes situaciones, como lo puede ser un infarto al miocardio, una lesión músculo esquelética, ingerir medicamentos, suplementos o alcohol, y el ejercicio extenuante (Zambrano et al., 2019).

En segundo lugar, el lactato deshidrogenasa (LDH) es una proteína enzimática generada durante el metabolismo celular que actúa sobre el piruvato y el lactato. El incremento de la LDH refleja varios fenómenos tales como: actividad osteoblástica, hemólisis, daño y necrosis celular, proliferación neoplásica, etc. (Aranda, 2010).

En tercer lugar, la mioglobina es una proteína monomérica del tejido muscular rojo que almacena oxígeno como una reserva contra la privación de este (Kennelly & Rodwell, 2013).

Por último, el dolor muscular de inicio tardío se define como un complejo de síntomas, dolor en el movimiento, debilidad y una sensación de rigidez e hinchazón de los músculos que realizan un ejercicio excéntrico (Alonso & Uribe, 2001).

2.6.2. Recuperación muscular

La recuperación posterior al ejercicio es un principio fundamental y esencial en el ciclo de entrenamiento y adaptación. Su principal objetivo es restaurar la homeostasis en los sistemas fisiológicos del cuerpo (Peake, 2019). Después de periodos de entrenamiento intensos a menudo se provoca fatiga, aumento de la temperatura corporal, agotamiento del músculo y deshidratación. Es por esta razón que se deben reponer los combustibles perdidos durante el mismo por medio de mecanismos como lo son la reposición de líquidos, restauración de la temperatura corporal, la función cardiovascular y reparar el tejido muscular dañado y esto debe hacerse en un tiempo estimado de 1 a 2 horas posteriores al ejercicio. (Peake, 2019). Algunos de los marcadores que se utilizan para evaluar la recuperación muscular son: el mTOR (**mammalian Target of Rapamycin**) que es una proteína que llega a tener múltiples funciones y participa en la regulación del inicio de la transcripción del ARNm, así como la traducción a proteína en respuesta a concentraciones intracelulares de aminoácidos y otros nutrientes esenciales (Rodríguez Perez, 2011). La proteína mTOR regula rutas de señalización esenciales y está implicada en el acoplamiento del estímulo de crecimiento y la progresión del ciclo celular (Rodríguez Perez, 2011). Esta se divide en dos complejos: el complejo sensible a

rapamicina (mTORC1), el cual se define por su interacción con la proteína raptor (regulatory-associated protein of mTOR), y el complejo insensible a rapamicina (mTORC2) (Rodríguez Perez, 2011). La síntesis de proteínas musculares (SPM) también se considera como un marcador de la recuperación muscular, esta síntesis es estimulada por la ingestión de proteína de alto valor biológico y ciertos aminoácidos aislados después del ejercicio de fuerza (Jackman et al., 2017). El enfoque tradicional es administrar para poder cuantificar la tasa de síntesis de proteínas musculares, ya sea un bolo o una infusión constante de aminoácidos marcados y determinar el grado de incorporación hacia las proteínas musculares a través del tiempo (Wolfe, 2006).

2.6.3. Masa muscular o musculo esquelético

El sistema muscular es un sistema biológico el cual es responsable de los movimientos. Este sistema está controlado a su vez por el sistema nervioso a través de neuronas. Sin embargo, algunos músculos pueden ser autónomos, como por ejemplo el musculo cardiaco (Ferraresi et al., 2016).

El musculo esquelético está constituido por numerosas fibras musculares las cuales se contraen por el estímulo de una neurona motora (Ferraresi et al., 2016). Es un tejido altamente especializado, cuya principal función es la contracción, lo que da lugar al movimiento (Migocka-Patrzałek et al., 2021).

También, es considerado como uno de los tejidos más plásticos y dinámicos. Este abarca aproximadamente el 40% del peso corporal total y contiene un aproximado de proteínas corporales del 50 al 75% (Frontera & Ochala, 2015). Por lo tanto, la masa muscular es dependiente del equilibrio entre la síntesis y la degradación de proteínas. Estos procesos son sensibles a ciertos factores, como lo son el equilibrio hormonal, la actividad física y ejercicio, estado nutricional del individuo, lesiones o enfermedades, entre otros (Frontera & Ochala, 2015).

2.6.4. Fatiga muscular

Los entrenamientos de alta intensidad puede ser la razón de múltiples alteraciones en el cuerpo como la fatiga, la cual define como la incapacidad para mantener o elevar la intensidad de la contracción muscular (Mora-Rodríguez et al., 2019). La fatiga muscular es entendida como la imposibilidad de mantener una producción de potencia esperada, es un fenómeno multifacético que incorpora componentes neuromusculares, neuronales y metabólicos. Las

causas de la fatiga de origen metabólico están asociadas con la capacidad de suministrar energía durante el ejercicio de manera continua, también la velocidad a la que se logra la homeostasis después del ejercicio y los efectos del ejercicio de alta intensidad en el sistema neuromuscular periférico (Wyon & Koutedakis, 2013).

La fatiga puede ser determinada según donde se produzca, una de ellas es la fatiga central la cual hace referencia a todas aquellas alteraciones inmersas en el funcionamiento del sistema nervioso central, específicamente en el funcionamiento cerebral, la cual se puede traducir en fallas que pueden ser voluntarias e involuntarias, también pueden ocurrir en varios niveles de aquellas estructuras nerviosas que intervienen a la hora de realizar actividad física. En este tipo de fatiga existe una reducción en la contracción máxima voluntaria, afectando la cadena de mando de la contracción muscular (Moreno, 2018). La otra forma en la que se produce la fatiga es la periférica, también entendida como fatiga muscular la cual hace referencia a acciones implicadas en el músculo y puede estar influenciado por factores como: alteraciones del pH, la temperatura y el flujo sanguíneo, la acumulación de productos celulares (el Adenosin difosfato, Adenosin monofosfato, Inosina monofosfato y amonio), pérdida de la homeostasis del ión Ca^{2+} , el papel de la cinética de algunos iones en los medios intra y extracelular (como el K^+ , Na^+ , Cl^- Mg^{2+}) (Gómez, et. al., 2010, citado por Moreno, 2018).

Uno de los marcadores que se utilizan para evaluar el origen de la producción de la fatiga es la relación triptófano/AACR, autores mencionan que existe una hipótesis que relaciona el sistema nervioso central (SNC) con la fatiga: niveles bajos de AACR junto con niveles elevados de triptófano plasmático libre podrían causar la fatiga central (Bescós, 2003). El triptófano libre puede cruzar la barrera hematoencefálica y forma el neurotransmisor cerebral serotonina, esta última puede causar una depresión del SNC e inducir a síntomas de fatiga y sueño (Bescós, 2003). Durante las últimas etapas de un ejercicio aeróbico prolongado el triptófano libre en sangre pueden llegar más fácilmente al cerebro (Bescós, 2003).

Otro de los marcadores que evalúan el parámetro de fatiga muscular es el óxido nítrico (ON) que es una molécula la cual actúa como un mensajero intracelular y transcelular. Una de sus principales funciones es ser un factor relajante del endotelio, ya que contribuye a la regulación del flujo sanguíneo cerebral en respuesta a factores físicos y bioquímicos, contrarrestando la vasoconstricción y logrando un aporte constante de flujo sanguíneo (Benavides & Pinzón, 2008). Es así como el papel del óxido para promover la vasodilatación en el músculo durante

el ejercicio, mejora el flujo de la sangre hacia los tejidos y retrasa la fatiga muscular (Huerta et al, 2019).

También, encontramos el amonio (NH_3) como marcador de la fatiga muscular. Es una base que puede presentarse como un ion amonio (NH_4^+), cuando se junta a un ión H^+ , o como gas (NH_3) donde se tiene una porción del 98 % ionizado (de Sousa, 2011). Es importante mencionar que diversos tejidos producen amonio, como: los músculos estriados, riñones y sistema nervioso central (SNC). La mayor cantidad es originada durante la degradación de proteínas en el tubo digestivo, sobre todo en los intestinos (de Sousa, 2011). La fuente principal de producción de amonio durante el ejercicio se da en el musculo esquelético y esto se genera como consecuencia del metabolismo energético como la oxidación de aminoácidos incluidos los de cadena ramificada (Porrás-Alvarez, 2018). Este amonio generado a partir del musculo esquelético, al ingresar al sistema nervioso central no permite un funcionamiento adecuado, afectando el rendimiento motor y causando fatiga central y periférica (Porrás-Alvarez, 2018). La fatiga central limitaría la capacidad del organismo a la hora de realizar actividades deportivas o intensidades altas de ejercicio (Porrás-Alvarez, 2018).

2.6.5. Fuerza, fuerza muscular y fuerza máxima

La fuerza puede definirse de varias maneras: contracción que vence la resistencia (Méndez et al., 2007); capacidad física que permite ejercer cierta tensión contra una resistencia externa (Dominguez & Espeso, 2003); o fuerza máxima que puede generar un musculo o un grupo de músculos, medida en una sola contracción máxima (Ferraresi et al, 2013).

Con respecto a la fuerza muscular, es la capacidad física del ser humano que le permite vencer una resistencia u oponerse a ella, asumiendo que el musculo esquelético tiene un papel importante en el rendimiento deportivo (Rivas & Sánchez, 2013).

La fuerza máxima, se define como “la capacidad neuromuscular (de los nervios y los músculos) de efectuar una contracción máxima de forma voluntaria. Es decir, es la máxima fuerza que puede hacer una persona en una contracción determinada” (Sebastiani y González, 2000, citado por Medina Maes, 2015).

El parámetro de fuerza muscular llega a evaluarse de distintas formas. La primera es por una repetición máxima (1RM) que puede ser definida como la mayor cantidad de peso que se puede levantar con una técnica correcta una sola vez. Levantar la mayor cantidad de peso que se pueda, en una sola repetición significa el 100% de la fuerza de una persona (Baechle y

Earle, 2007, citado por Nodari, 2018).

La segunda es la contracción voluntaria máxima (CVM) que es entendida como la capacidad máxima de generación de fuerza de un músculo o grupo de músculos en humanos. Esta mejora con manipulaciones como el sonido de un disparo, la sugerencia hipnótica, los gritos y el estímulo verbal durante el esfuerzo máximo (Takarada & Nozaki, 2021).

El tercero es el salto vertical (SV) el cual se considera como un método común que permite predecir el rendimiento deportivo de los atletas. Está bien aceptado que la altura del salto es un buen predictor de la potencia muscular (Cuadrado et al, 2011).

Por último está el esfuerzo percibido, entendido como una valoración subjetiva que indica la opinión del sujeto respecto a la intensidad del trabajo realizado (Morgan, 1973, citado por Burkhalter, 1996). Existe una escala destinada a medir la gama entera del esfuerzo que el individuo percibe al hacer ejercicio. Esta escala da criterios para hacerle ajustes a la intensidad de ejercicio, o sea, a la carga de trabajo, y así pronosticar y dictaminar las diferentes intensidades del ejercicio en los deportes y en la rehabilitación médica (BORG, 1982, citado por Burkhalter, 1996).

2.7.6. Composición corporal

Muchos estudios han evaluado la composición corporal y la forma de medir sus distintos componentes. En su gran mayoría las metodologías dividen al cuerpo en dos compartimentos: masa corporal libre de grasa y masa corporal grasa (Katch et al., 2015). Estudios posteriores sobre la composición corporal amplían el concepto del modelo bicompartimental para representar cuatro variables agua, proteína, mineral óseo y grasa que son componentes distintos que conforman la composición del cuerpo humano (Katch et al., 2015).

La composición corporal también se considera un aspecto de suma importancia para la valoración del estado nutricional de un individuo, ya que permite cuantificar las reservas corporales y permite detectar problemas nutricionales como la obesidad o la desnutrición (Carrero et al., 2020). Además, sirve para valorar la ingesta de energía y de nutrientes de un individuo en los diferentes estados de la vida como el crecimiento, envejecimiento, salud, enfermedad (Carrero et al., 2020).

Se propone un modelo multicomponente de cinco niveles para examinar el cuerpo humano. Este modelo intenta principalmente identificar y cuantificar los distintos componentes de cada nivel (Katch et al., 2015). El análisis del consumo de suplementos nutricionales a menudo se

centra en los niveles de tejidos, órganos, sistemas y cuerpo total, por tal razón se hace pertinente mencionarlos. Wang, Pierson, y Heymsfield (1992) los organizaron jerárquicamente de la siguiente manera (Wang et al., 1992):

- 1. Atómico:** Los bloques de construcción fundamentales del cuerpo humano son los átomos o elementos. Más del 98% de la masa corporal total está representada por oxígeno, carbono, hidrógeno, nitrógeno, calcio y fósforo en su mayoría (Wang et al., 1992).
- 2. Molecular:** Los elementos atómicos principales se incorporan en moléculas que forman compuestos químicos como el agua, las proteínas, el glucógeno, lípidos y minerales (Wang et al., 1992).
- 3. Celular:** En este nivel se encuentran las células (Wang et al., 1992).
- 4. Tejidos-órganos-sistemas:** Son las células que constituyen tejidos, los tejidos que constituyen órganos y los órganos que constituyen sistemas de órganos (Wang et al., 1992).
- 5. Cuerpo total:** Se refiere al tamaño, la forma y las características físicas y exteriores del cuerpo, como lo pueden ser la estatura, el peso corporal, los pliegues cutáneos y circunferencias (Wang et al., 1992).

3. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

En la actualidad las personas han incorporado en su rutina diaria practicar algún tipo de deporte y suelen diferenciarse por sus aptitudes, personalidad, intereses y objetivos previamente planificados (Riera, 1997). Los atletas son aquellos individuos de edad joven o adulta, bien sea recreativos o de alto rendimiento, que se dedican a la práctica de algún deporte o un entrenamiento físico regular con el objetivo de mejorar la condición física como la fuerza, resistencia, velocidad y flexibilidad (McKinney et al., 2019). Para esto, un atleta se somete a entrenamientos físicos planificados y competitivos, dedicando así varias horas del día a estas actividades, superando el tiempo que normalmente se le otorga a otro tipo de actividades profesionales o de ocio (Araújo & Scharhag, 2016). Los atletas de alto rendimiento son aquellos que realizan ejercicio más de 10 horas a la semana y alcanza niveles altos de competición (deportistas olímpicos, nacionales, profesionales, universitarios y miembros de equipos regionales y nacionales) (McKinney et al., 2019). Los atletas recreativos realizan ejercicio aproximadamente de 4 a 6 horas por semana, hacen ejercicio principalmente por placer, acondicionamiento físico o para participar en competencias no reglamentadas (McKinney et al., 2019).

En el mundo del deporte podemos encontrar diferentes programas de entrenamiento, por un lado, encontramos el entrenamiento de fuerza, el cual es una modalidad de entrenamiento que se compone de ejercicios destinados a desarrollar y aumentar el tamaño del músculo esquelético, por medio del uso de la resistencia a un agente externo (Kai, 2010). Para esta modalidad existen diferentes métodos de entrenamiento, como el uso de fuerzas de gravedad utilizando máquinas de palanca, pesos libres y otros elementos como las máquinas hidráulicas, gomas, resortes, etc (Naclerio & Jiménez, 2007). Por otro lado, está el entrenamiento de resistencia, el cual tiene como objetivo aumentar la capacidad del músculo esquelético, corazón y pulmones durante el mayor tiempo posible y puede desarrollarse en modalidades deportivas como carreras a distancia, ciclismo, natación y triatlón (Bagchi et al., 2018).

La ingesta energética y nutricional en los deportistas, sin importar cual sea su nivel deportivo, llega a ser de suma importancia, ya que esta asegura que se cubra el gasto energético diario y se apliquen recomendaciones nutricionales de acuerdo con las

necesidades individualizadas de cada atleta (Bigard, 2020). Dicho lo anterior, para los atletas de resistencia la ingesta de carbohidratos antes y durante del ejercicio entra a tener un papel importante en la disponibilidad de glucosa y el rendimiento deportivo (Bigard, 2020). Por el contrario, en los atletas de fuerza la ingesta de proteínas es fundamental para potenciar u optimizar las respuestas al entrenamiento (Bigard, 2020). Diferentes estudios respaldan que los atletas pueden requerir necesidades adicionales en sus dietas en comparación con las cantidades dietéticas recomendadas para población sana, ya que esto les permite destacar en sus prácticas deportivas y competitivas (Kreider et al., 1993).

Respecto a la suplementación dietética, el congreso de los Estados Unidos define el termino como un producto tomado por vía oral destinado a complementar la dieta (Bagchi et al., 2018), estos suplementos nutricionales pueden incluir ingredientes como: vitaminas, minerales, aminoácidos, hierbas u otros productos botánicos y se presentan como capsulas, tabletas, polvos, líquidos, capsulas de gel, capsulas blandas o barras (Bagchi et al., 2018). En la actualidad, es preocupante toda la información que la población puede obtener por cuenta propia sobre el uso de suplementos nutricionales (Rabassa-Blanco & Palma-Linares, 2017). El consumo de estos suplementos ha aumentado de forma exponencial, especialmente en hombres que entrenan en gimnasios y que son considerados como la población objetivo para el consumo de suplementos nutricionales (Saidi et al., 2018).

Los suplementos nutricionales que tienen un consumo prevalente en el mercado son los polvos de proteínas, seguido de las capsulas y polvos de aminoácidos de cadena ramificada (Rabassa- Blanco & Palma-Linares, 2017). Estos últimos desde hace algunos años han venido popularizando su comercialización en el mundo de los atletas (Kreider et al., 1993), que para el consumo de este tipo de suplementos son muchas las fuentes por las cuales esta población obtiene la información para llegar a adquirirlos como familiares, amigos, compañeros de equipo, entrenadores y publicidad como revistas o medios online (Rabassa-Blanco & Palma-Linares, 2017). En los atletas de resistencia, se propone la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada para mejorar la respuesta de fatiga durante el ejercicio y el soporte del sistema inmune, mientras que en los atletas de fuerza se proponen para aumentar la disponibilidad de aminoácidos esenciales y acelerar la tasa de recuperación muscular después del ejercicio (Kreider et al., 1993).

Los aminoácidos de cadena ramificada están compuestos por leucina (Leu), isoleucina (Ile) y valina (Val), las cuales desempeñan un papel fundamental en efectos de mediación de síntesis de proteínas y regulación energética (Nie et al., 2018). Estas se consideran nutricionalmente esenciales porque los humanos no pueden sintetizarlos de manera endógena, es decir estos deben ser suministrados por la dieta. Diferentes artículos sugieren que la síntesis de aminoácidos de cadena ramificada participa en la creación de proteínas de novo y en la recuperación en ejercicios de intensidad alta (Raizel et al., 2019). Por esta razón, las consideraciones que motivan principalmente a los atletas a consumir este suplemento nutricional compuesto de aminoácidos de cadena ramificada parte de que tiene efectos beneficiosos para disminuir el daño muscular inducido por el ejercicio, promover la síntesis de proteínas, mejorar la composición corporal y fortalecer la función inmunológica (Cruzat et al., 2014).

Esta revisión de literatura pretende llevar a cabo una amplia búsqueda de las publicaciones científicas sobre la causa y efecto del consumo de aminoácidos ramificados y algunos parámetros fisiológicos como daño y recuperación muscular, fatiga, composición corporal y ganancia de masa muscular y fuerza.

Por lo anterior se pretende dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación: ¿Existe algún efecto en la suplementación nutricional de aminoácidos de cadena ramificada en atletas de resistencia y fuerza de edad adulta en rendimiento deportivo y recreativo?

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Describir la causa y efecto de la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada sobre el daño muscular, la recuperación muscular, ganancia de la masa muscular y fuerza, composición corporal y fatiga en atletas de resistencia y fuerza de edad adulta en la práctica deportiva y recreativa.

4.2. Objetivos específicos

- Identificar el efecto de la suplementación nutricional de aminoácidos de cadena ramificada a partir de una revisión de literatura enfocada en atletas de resistencia y fuerza de edad adulta en rendimiento deportivo y recreativo para el parámetro daño y recuperación muscular.
- Identificar el efecto de la suplementación nutricional de aminoácidos de cadena ramificada a partir de una revisión de literatura enfocada en atletas de resistencia y fuerza de edad adulta en rendimiento deportivo y recreativo para el parámetro ganancia de masa muscular y fuerza.
- Identificar el efecto de la suplementación nutricional de aminoácidos de cadena ramificada a partir de una revisión de literatura enfocada en atletas de resistencia y fuerza de edad adulta en rendimiento deportivo y recreativo para el parámetro composición corporal.
- Identificar el efecto de la suplementación nutricional de aminoácidos de cadena ramificada a partir de una revisión de literatura enfocada en atletas de resistencia y fuerza de edad adulta en rendimiento deportivo y recreativo para el parámetro fatiga.

5. METODOLOGIA

5.1. Diseño de investigación

Este trabajo de grado es una revisión de literatura de tipo descriptiva, donde se seleccionó y delimito la búsqueda de información con el fin de poder dar respuesta al problema de investigación planteado, no se contempló ventana de tiempo. La presente revisión permite al lector hacer un análisis crítico de varios estudios y revisiones de literatura al momento de describir el efecto de la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada en atletas de resistencia y fuerza y su relación con los parámetros fisiológicos.

5.2 Métodos

5.2.1. Criterios para la selección de los estudios

La búsqueda se realizará en las bases de datos de: EbscoHost, Scopus, PubMed y Embase, mediante cadenas de búsqueda que tenían en cuenta los criterios de inclusión y

exclusión dispuestos en la tabla 1.

Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión para la selección de artículos.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
<ul style="list-style-type: none"> - Artículos donde no se contempla una ventana de tiempo debido a la escasa evidencia científica. - Publicaciones que estuviesen en idioma de español o inglés. - Publicaciones que en su título, resumen o palabras clave contaran con algunas de las palabras claves o términos MeSH seleccionados. - Estudios clínicos relacionados con el consumo de aminoácidos de cadena ramificada (leucina, valina e isoleucina en atletas de resistencia y fuerza y sus efectos sobre el daño y recuperación muscular, masa muscular y fuerza, composición corporal y fatiga. 	<ul style="list-style-type: none"> - Publicaciones donde el sujeto de estudio tenga alguna patología, cirugía y enfermedades crónicas no transmisibles. - Publicaciones donde el sujeto de estudio no sea humano. - Publicaciones donde la población de estudio sean niños, adolescentes o mujeres embarazadas. - Publicaciones que se encuentren en otros idiomas diferentes al inglés y español. - Publicaciones donde el sujeto de prueba no practique algún tipo de ejercicio de resistencia o fuerza de manera profesional o recreativa.

5.2.2. Estrategia de búsqueda

Se realizó la búsqueda de los términos MeSH: “dietary supplements, amino acids branched-chain, athletes, sports, endurance, resistance, performance, muscle recovery, muscle mass, force, body composition, fatigue” para encontrar términos que fuesen sinónimos de los conceptos, con el fin de diseñar la estrategia de búsqueda. Para cada una de las bases de datos se organizó una cadena de búsqueda la cual se elaboró con las palabras y el uso de operadores boléanos (Tabla 2).

5.3. Proceso de recolección y análisis de la literatura

La búsqueda se realizó en las bases de datos Ebsco Discovery Service, Scopus, PubMed y Embase. Se recolectaron diferentes artículos en cada una de las bases de datos, con base en las cadenas de búsqueda final creadas para cada uno de los objetivos específicos (Tabla 2). Se descargaron los resultados obtenidos en cada base de datos en Scopus, Embase y Ebsco Discovery Service se hizo con el formato RIS y en PubMed con Bibtex. Las descargas se llevaron a un software (Vantage Point – Analyst Guide), donde se trabaja con pares de bases de datos para lograr consolidar toda la información. Después de realizar la búsqueda y consolidación de la información, se extrajeron todos los datos en un Excel donde se tuvo en cuenta únicamente los principales datos de cada artículo: título, resumen, autor, año de publicación y revista. En primer lugar, se eliminaron todos los duplicados. En segundo lugar, realizó una primera filtración por título y resumen de cada uno de los artículos para poder determinar si cumplían con los criterios de inclusión y exclusión. En tercer lugar, se eliminaron los que no se encontraban disponibles para lectura completa y que por contenido se encontraban con algún criterio de exclusión. Por último, se realizó una filtración por lectura completa de cada artículo.

5.4. Descriptores de búsqueda

Para cada una de las cuatro bases de datos se crearon cuatro cadenas de búsqueda las cuales se diseñaron mediante la aplicación de operadores booleanos y palabras claves. Sin embargo, estas fueron modificadas hasta quedar con las cadenas de búsqueda finales (Tabla 2), donde se señala el número de artículos que cumplieron con los criterios de búsqueda establecidos en dichas cadenas.

Tabla 2. Cadenas de búsqueda finales y número de resultados según la base de datos.

Base de datos	Cadena de búsqueda propuesta	Número de resultados
Scopus	(TITLE-ABS-KEY (nutrition* OR diet*) AND TITLE-ABS-KEY (supplementa*) AND TITLE-ABS-KEY (bcaa OR "branched-chain amino acids") AND TITLE-ABS-KEY (athlet* OR sports) AND TITLE-ABS-KEY (endurance OR resistance OR performance OR " muscle recovery ") AND NOT TITLE-ABS-KEY ("cystic fibrosis" OR disease* OR diabetes))	113
	(TITLE-ABS-KEY (nutrition* OR diet*) AND TITLE-ABS-KEY (supplementa*) AND TITLE-ABS-KEY (bcaa OR "branched-chain amino acids") AND TITLE-ABS-KEY (athlet* OR sports) AND TITLE-ABS-KEY (endurance OR resistance OR performance OR " gain muscle mass " OR force) AND NOT TITLE-ABS-KEY ("cystic fibrosis" OR disease* OR diabetes))	115
	(TITLE-ABS-KEY (nutrition* OR diet*) AND TITLE-ABS-KEY (supplementa*) AND TITLE-ABS-KEY (bcaa OR "branched-chain amino acids") AND TITLE-ABS-KEY (athlet* OR sports) AND TITLE-ABS-KEY (endurance OR resistance OR performance OR " body composition ") AND NOT TITLE-ABS-KEY ("cystic fibrosis" OR disease* OR diabetes))	113
	(TITLE-ABS-KEY (nutrition* OR diet*) AND TITLE-ABS-KEY (supplementa*) AND TITLE-ABS-KEY (bcaa OR "branched-chain amino acids") AND TITLE-ABS-KEY (athlet* OR sports) AND TITLE-ABS-KEY (endurance OR resistance OR performance OR " fatigue ") AND NOT TITLE-ABS-KEY ("cystic fibrosis" OR disease* OR diabetes))	118
Ebsco Discovery Service	supplemental nutrition OR “dietary supplements” AND (bcaa or "branched-chain amino acids") AND (athlet* OR sports) AND (endurance OR resistance OR performance OR " muscle recovery ") NOT ("cystic fibrosis" OR disease* OR diabetes)	26
	supplemental nutrition OR “dietary supplements” AND (bcaa or "branched-chain amino acids") AND (athlet* OR sports) AND (endurance OR resistance OR performance OR " muscle mass " OR force) NOT ("cystic fibrosis" OR disease* OR diabetes)	27
	supplemental nutrition OR “dietary supplements” AND (bcaa or "branched-chain amino acids") AND (athlet* OR sports) AND (endurance OR resistance OR performance OR " body composition ") NOT ("cystic fibrosis" OR disease* OR diabetes)	26
	supplemental nutrition OR “dietary supplements” AND (bcaa or "branched-chain amino acids") AND (athlet* OR sports) AND (endurance OR resistance OR performance OR " fatigue ") NOT ("cystic fibrosis" OR disease* OR diabetes)	27

Fuente: Elaboración propia

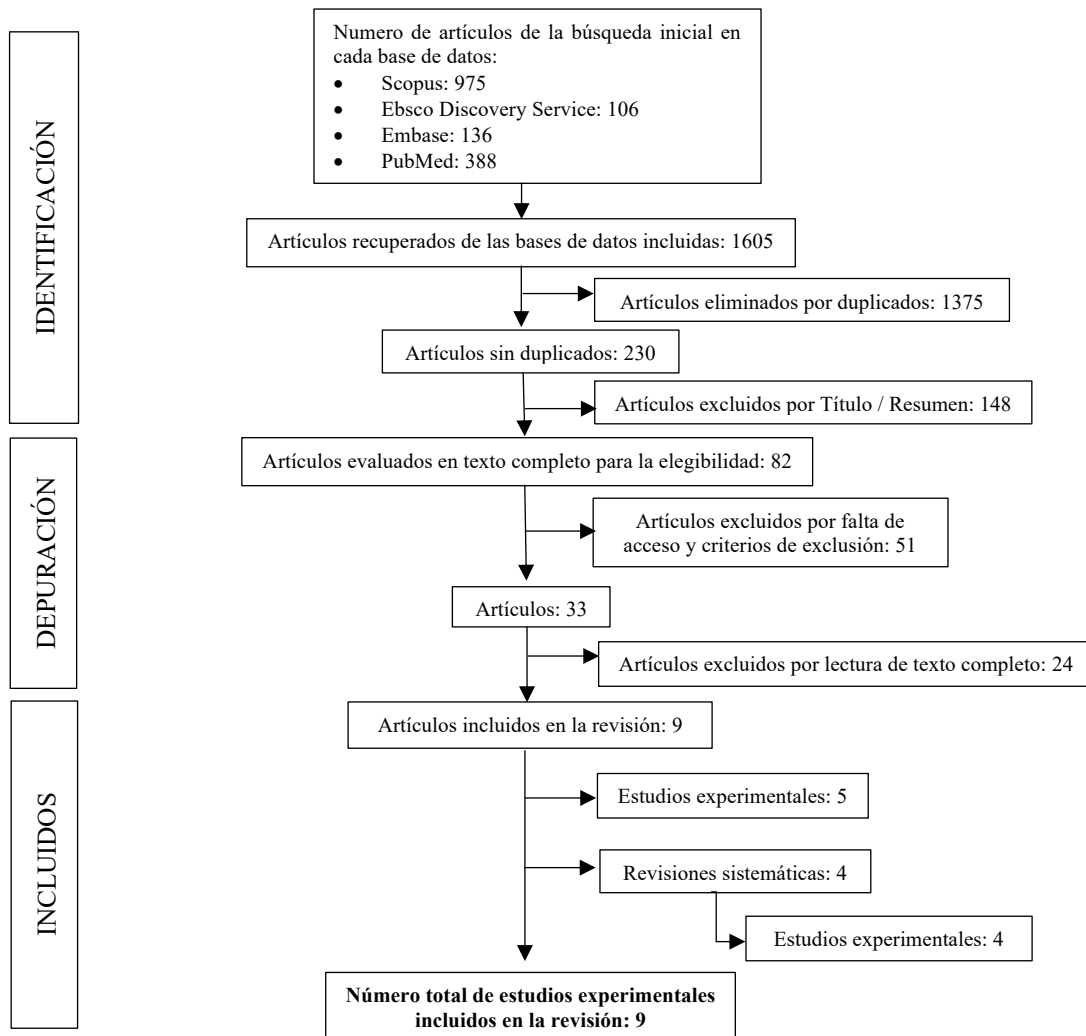
Base de datos	Cadena de búsqueda propuesta	Número de resultados
Embase	('dietary supplement'/exp OR 'dietary supplement') AND ('branched chain amino acid'/exp OR 'branched chain amino acid') AND ('athlete'/exp OR athlete OR 'sport'/exp OR sport) AND ('endurance'/exp OR endurance OR 'resistance'/exp OR resistance OR 'performance'/exp OR performance OR 'muscle recovery'/exp OR 'muscle recovery')	33
	('dietary supplement'/exp OR 'dietary supplement') AND ('branched chain amino acid'/exp OR 'branched chain amino acid') AND ('athlete'/exp OR 'athlete' OR 'sport'/exp OR sport) AND ('endurance'/exp OR endurance OR 'resistance'/exp OR resistance OR 'performance'/exp OR performance OR 'muscle mass'/exp OR 'muscle mass' OR 'force'/exp OR force)	36
	('dietary supplement'/exp OR 'dietary supplement') AND ('branched chain amino acid'/exp OR 'branched chain amino acid') AND ('athlete'/exp OR 'athlete' OR 'sport'/exp OR sport) AND ('endurance'/exp OR endurance OR 'resistance'/exp OR resistance OR 'performance'/exp OR performance OR 'body composition'/exp OR 'body composition')	34
	('dietary supplement'/exp OR 'dietary supplement') AND ('branched chain amino acid'/exp OR 'branched chain amino acid') AND ('athlete'/exp OR 'athlete' OR 'sport'/exp OR sport) AND ('endurance'/exp OR endurance OR 'resistance'/exp OR resistance OR 'performance'/exp OR performance OR 'fatigue'/exp OR fatigue)	33
PubMed	((((dietary supplements[MeSH Terms]) AND (Amino Acids, Branched-Chain[MeSH Terms])) AND (Athletes OR sports[MeSH Terms])) AND (endurance[Title/Abstract] OR resistance[Title/Abstract] OR performance[Title/Abstract] OR "muscle recovery" [Title/Abstract])) NOT ("cystic fibrosis"[Title/Abstract] OR disease*[Title/Abstract] OR diabetes[Title/Abstract])	95
	((((dietary supplements[MeSH Terms]) AND (Amino Acids, Branched-Chain[MeSH Terms])) AND (Athletes OR sports[MeSH Terms])) AND (endurance[Title/Abstract] OR resistance[Title/Abstract] OR performance[Title/Abstract] OR "muscle mass" OR force [Title/Abstract])) NOT ("cystic fibrosis"[Title/Abstract] OR disease*[Title/Abstract] OR diabetes[Title/Abstract])	102
	((((dietary supplements[MeSH Terms]) AND (Amino Acids, Branched-Chain[MeSH Terms])) AND (Athletes OR sports[MeSH Terms])) AND (endurance[Title/Abstract] OR resistance[Title/Abstract] OR performance[Title/Abstract] OR "body composition" [Title/Abstract])) NOT ("cystic fibrosis"[Title/Abstract] OR disease*[Title/Abstract] OR diabetes[Title/Abstract])	96
	((((dietary supplements[MeSH Terms]) AND (Amino Acids, Branched-Chain[MeSH Terms])) AND (Athletes OR sports[MeSH Terms])) AND (endurance[Title/Abstract] OR resistance[Title/Abstract] OR performance[Title/Abstract] OR "fatigue" [Title/Abstract])) NOT ("cystic fibrosis"[Title/Abstract] OR disease*[Title/Abstract] OR diabetes[Title/Abstract])	95

Fuente: Elaboración propia

5.4. Recolección y organización de la información

Se identificaron un total de 1605 artículos en las cuatro bases de datos utilizadas en esta revisión de literatura y se eliminaron 1375 artículos por duplicados. En primer lugar, se encontraron 126 artículos en la primera filtración por título, obteniendo así un total de artículos eliminados de 104. En segundo lugar, se encontraron 82 artículos en la segunda filtración por abstract, obteniendo así un total de artículos eliminados de 44. En tercer lugar, se encontraron 33 artículos en la tercera filtración por acceso al texto completo y por criterios de exclusión, obteniendo así un total de artículos eliminados de 51. Se aplicaron criterios de exclusión como son: publicaciones donde el sujeto de estudio tenga alguna patología, cirugía y enfermedad crónica no trasmisible, publicaciones donde el sujeto de estudio no sea humano, población de estudio como niños, adolescentes y mujeres embarazadas, idiomas diferentes a inglés y español. El último filtro de artículos, se realizó por lectura de cada artículo, después de leer los 33 artículos, se excluyeron 24 donde se observó que el propósito de las investigaciones no tiene una relación directa con el objetivo general de esta revisión. Se obtuvo un total de 9 artículos después de la depuración final para su respectiva evaluación, se procedió a clasificarlos por estudios experimentales donde se obtuvo un total de 5 artículos y un total de 4 artículos de revisiones sistemáticas. En las revisiones sistemáticas se tuvieron en cuenta aquellos estudios experimentales que tuviesen relación directa con el objetivo del presente trabajo y que cumplieren con los criterios de inclusión del mismo, lo dio como resultado un estudio experimental por cada artículo de revisión. Es decir, que se obtiene un total de 9 estudios experimentales para su evaluación. La metodología de recolección de artículos se encuentra detallada en la figura 1.

Figura 1. Diagrama de metodología para la recolección de artículos.



Fuente: Elaboración propia

Una vez recolectada la información de los artículos seleccionados, fue organizada y analizada en una matriz de conocimiento (Anexo 1) esta matriz fue elaborada en Microsoft Excel versión 16.59, donde se incluyeron los datos más relevantes de los artículos como: título, autores, año, tipo de estudio, variable, objetivo del estudio, metodología, tamaño de la muestra, tiempo de intervención, forma de suplementación, dosis, resultados, conclusiones.

5.5. Análisis de la información

Los datos recolectados se agruparon según las variables de interés. En primer lugar, se organizaron los datos por la información general de los artículos evaluados; en segundo lugar, se organizaron los datos de acuerdo con el tipo de suplementación, dosis suministrada y

posología de cada uno de los estudios; en tercer lugar, los efectos de la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada con respecto a las distintas variables encontradas en los artículos seleccionados y finalmente se graficó un resumen con todos los resultados de cada uno de los efectos presentados para cada variable evaluada. Lo previamente descrito se encuentra detallado en la sección de resultados.

6. RESULTADOS

6.1. Información general de los artículos seleccionados

Los estudios experimentales incluidos en esta revisión tienen un número de sujetos el cual puede llegar a variar entre 8 a 30. Se identificó heterogeneidad con respecto al tipo de ejercicio (Fuerza o Resistencia) y deporte practicado. Es importante mencionar que uno de los deportes inmersos dentro de los estudios fue el taekwondo, que se entiende como un deporte de combate y se considera como un tipo de ejercicio multifuncional, el cual permite evaluar la resistencia y la fuerza de los sujetos que lo practican. También, se encontró homogeneidad en cuanto al sexo de los sujetos, donde se obtuvo que el 100% de ellos son de género masculino. Los estudios están dispuestos en el mismo orden en el que se encuentran en la matriz de conocimiento para la revisión de literatura (Tabla 3).

Tabla 3. Información general de los sujetos.

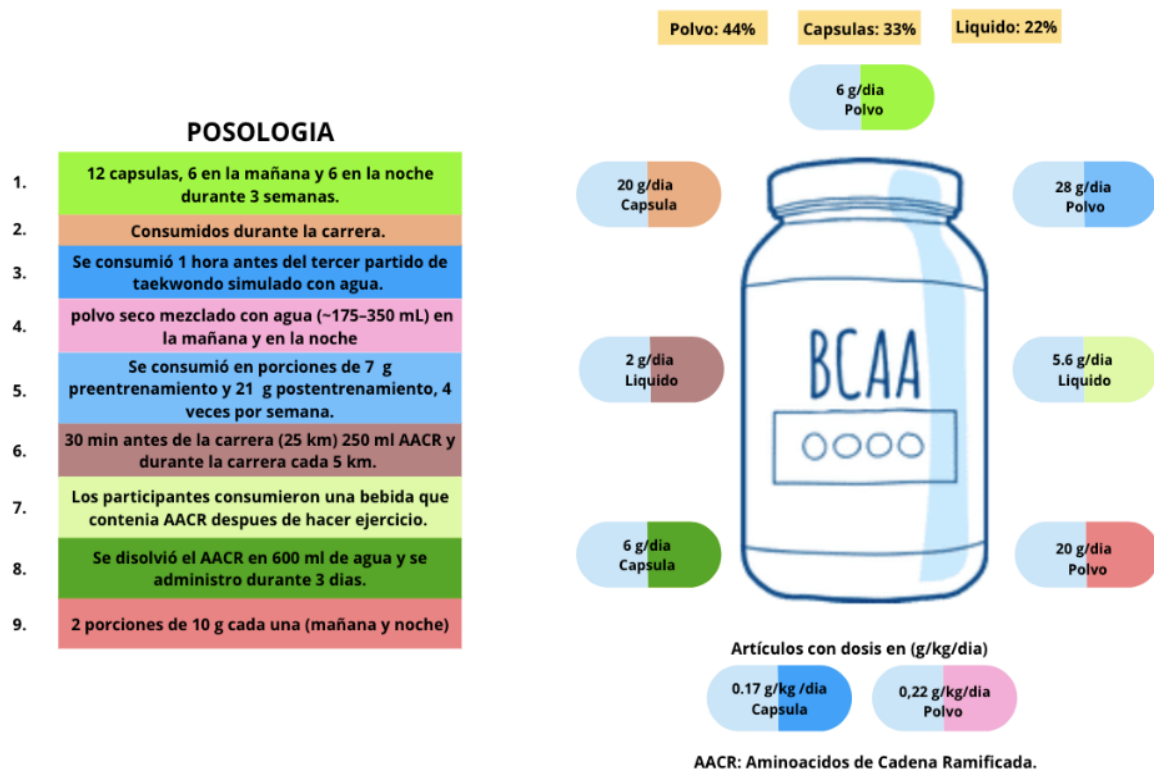
	Información general de los artículos evaluados				
	Estudio	Muestra			
		Sexo	Tipo de ejercicio (fuerza o resistencia)	n	Deporte
1	Sharp & Pearson (2010)	Hombres	Fuerza	8	Entrenamiento de fuerza
2	Knechtle et al. (2012)	Hombres	Ambos	28	Corredores
3	Chen et al. (2016)	Hombres	Ambos	12	Taekwondo
4	VanDusseldorp et al. (2018)	Hombres	Fuerza	20	Entrenamiento en fuerza
5	Dudgeon et al. (2016)	Hombres	Resistencia	17	Entrenamiento en resistencia
6	Koba et al.(2007)	Hombres	Ambos	8	Corredores
7	Jackmann et al. (2017)	Hombres	Resistencia	10	Entrenados en resistencia
8	Kephart et al. (2016)	Hombres	Fuerza	30	Entrenados en fuerza
9	Howatson et al. (2012)	Hombres	Fuerza	12	Entrenamiento en fuerza

Fuente: Elaboración propia

6.2. Dosis y posología en la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada.

En esta revisión, se consideró dos criterios para evaluar con mayor precisión las estrategias utilizadas en cada uno de los estudios para la suplementación de aminoácidos de cadena ramificada (dosis y tiempo de intervención) (Figura 2 y 3). Se evidencio que la dosis en la suplementación de aminoácidos de cadena ramificada en los 9 estudios variaba entre 2g/día a 28g/día, siendo las dosis más utilizadas por los autores las de 20 g/día y 6 g/día. Se identifico heterogeneidad en cuanto a la forma de suplementación con un 44% de suplementación en polvo, 33% en suplementación por capsulas y 22% en suplementación liquida para el número total de estudios. Además, se encontró que dos artículos utilizaban una dosis con unidades de g/kg/día lo que no permitió hacer una comparación con las demás (Figura 2).

Figura 2. Valores de referencia para la suplementación de aminoácidos de cadena ramificada y posología según los autores.

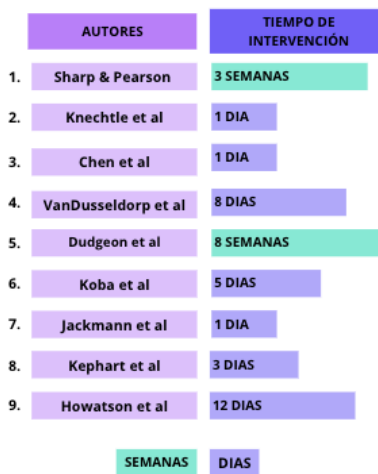


Fuente: Elaboración propia

6.3. Tiempo de intervención de los artículos seleccionados

La cantidad suministrada y el tiempo de la suplementación sugieren tener relación con la respuesta a la hora de medir los efectos en los parámetros fisiológicos que corresponden a este trabajo, donde una mayor dosis del suplemento llega a inducir efectos estadísticamente significativos. Es por esta razón, que el tiempo de intervención es uno de los criterios que ayudan a evaluar con mayor precisión los resultados de cada uno de los estudios incluidos en la revisión. El número en tiempo de intervención variaba entre 1 día hasta 12 días y de 3 semanas hasta 8 semanas (Figura 3).

Figura 3. Tiempo de intervención según los autores.



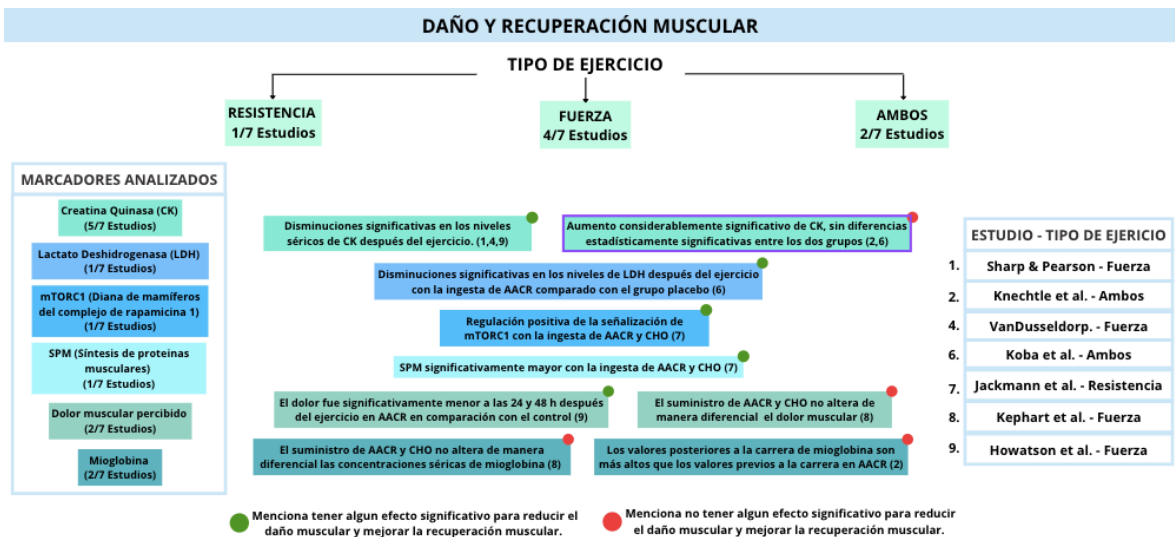
Fuente: Elaboración propia. **Descripción:** El tiempo de intervención se dispone en la figura donde el color lila representa los días y la verde menta las semanas.

6.4. Efectos de la suplementación en el parámetro de daño y recuperación muscular.

Con respecto a la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada y su efecto en el parámetro de daño y recuperación muscular, es pertinente mencionar que tres de los siete estudios que refieren tener algún efecto sobre este parámetro cuentan con un tipo de suplementación combinada con carbohidratos (Koba et al; Jackmann et al; Kephart et al). El tipo de ejercicio en fuerza representa un 57% de los artículos que mencionan tener algún efecto en este parámetro, el porcentaje restante se distribuye en ejercicio de resistencia o ambos (Figura 4). Se tienen en cuenta diferentes marcadores de resultado para analizar este parámetro. Inicialmente, la creatina quinasa la cual tuvo en tres estudios disminuciones significativas en sus niveles séricos después del ejercicio y un aumento considerablemente

significativo en otro estudio. Otro marcador fue el lactato deshidrogenasa, el cual en un estudio tuvo disminuciones estadísticamente significativas después del ejercicio en el grupo suplementado comparado con el grupo placebo. En otro estudio, el marcador evaluado fue el mTORC1 que tuvo una regulación positiva con la ingesta de este suplemento. Este mismo estudio evalúa la síntesis de proteínas musculares que fue significativamente mayor en el grupo suplementado comparado con el grupo placebo. El dolor muscular percibido fue otro de los marcadores utilizados para analizar este parámetro, donde en un estudio fue significativamente menor en un transcurso de tiempo posterior a las 24 y 48h después del ejercicio a comparación con el grupo placebo, sin embargo otro estudio menciona no alterar de manera diferencial el dolor muscular. Por último, la mioglobina como ultimo marcador muestra que en uno de los estudios no se ve alterada de manera diferencial después de la suplementación combinada con carbohidratos. En otro estudio, la mioglobina tienen valores más altos posterior a la carrera que previo a ella (Figura 4).

Figura 4. Efectos de la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada con respecto al parámetro de daño y recuperación muscular.



Fuente: Elaboración propia **Descripción:** El tipo de ejercicio se dispone en la figura el cual está relacionado con número de estudios que evalúan este parámetro.

6.5. Efectos de la suplementación en el parámetro masa muscular y fuerza.

En cuanto a la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada y su efecto en el parámetro de masa muscular y fuerza, los estudios tuvieron una relación en el tipo de

ejercicio lo que representa un 50% en fuerza y 50% en resistencia sobre los artículos que mencionan tener algún efecto en este parámetro. Se tiene en cuenta un marcador de resultado para evaluar este parámetro. Lo anterior hace mención a la fuerza, la cual aumento significativamente en la parte superior del cuerpo en el grupo que consumió aminoácidos de cadena ramificada. Sin embargo, otro estudio menciona que la suplementación combinada con carbohidratos no redujo la disminución en la fuerza de la parte inferior del cuerpo. En ninguno de los estudios se menciona un efecto significativo en la resistencia, lo cual delimita la evaluación en esta revisión (Figura 5).

Figura 5. Efectos de la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada con respecto al parámetro de masa muscular y fuerza.



Fuente: Elaboración propia **Descripción:** El tipo de ejercicio se dispone en la figura el cual está relacionado con número de estudios que evalúan este parámetro.

6.6. Efectos de la suplementación en el parámetro de composición corporal.

Con relación a la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada y su efecto en el parámetro de composición corporal, solo un estudio de los nueve evaluados menciona tener un efecto sobre este parámetro, donde el tipo de ejercicio fue de resistencia. Los marcadores de resultado utilizadas para analizar este parámetro fueron la masa grasa, la masa magra y la masa corporal, donde se evidencia que la masa corporal no mostro cambios significativos debido al mantenimiento de masa magra ante la perdida significativa de masa grasa (Figura 6).

Figura 6. Efectos de la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada con respecto al parámetro composición corporal.



Fuente: Elaboración propia **Descripción:** El tipo de ejercicio se dispone en la figura el cual está relacionado con número de estudios que evalúan este parámetro.

6.7. Efectos de la suplementación en el parámetro de fatiga.

Finalmente, la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada y su efecto en el parámetro de fatiga, mostró tener efectos en tres marcadores de resultado en un tipo de ejercicio combinado con resistencia y fuerza. Los autores que mencionan tener un efecto en este parámetro utilizaron una suplementación combinada, Chen et al. utilizó una suplementación con vitamina E + arginina + citrulina y Koba et al. utilizó una suplementación con arginina + carbohidratos. En uno de los estudios los niveles de amoníaco en sangre aumentaron después de la realización de ambos ensayos. Sin embargo, en otro estudio la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada no llevó a la acumulación adicional de amoníaco en sangre. La relación triptófano/AACR también fue un marcador para evaluar este parámetro, donde en un estudio no se observó ningún aumento en esta relación después del ejercicio, comparado con un estudio en donde la relación fue significativamente más baja en el grupo suplementado. Finalmente, el óxido nítrico actuó también como un marcador para este parámetro, aumentando su producción en el grupo suplementado (Figura 7).

Figura 7. Efectos de la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada con respecto al parámetro fatiga.



Fuente: Elaboración propia **Descripción:** El tipo de ejercicio se dispone en la figura el cual está relacionado con número de estudios que evalúan este parámetro.

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los aminoácidos de cadena ramificada son aminoácidos esenciales para el cuerpo humano ya que estos no son secretados por el mismo, sino que deben ser suministrados a partir de la dieta. Estos aminoácidos son parte fundamental para la formación del 35% del tejido muscular (Marcon & Zanella, 2022) y su suplementación es ahora una práctica popular la cual se comercializa entre atletas de alto rendimiento y recreativos (Vandusseldorp et al., 2018). Algunos autores sugieren que la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada tiene efectos positivos sobre parámetros fisiológicos como el reducir la degradación de las proteínas, disminuir el daño muscular en respuesta al ejercicio, disminución del dolor, mitigación de la fatiga central la cual se origina a partir del sistema nervioso central y promover la recuperación de la función muscular (Vandusseldorp et al., 2018). Estudios realizados en atletas que practican deportes de resistencia y fuerza, han mostrado una disminución de los marcadores indirectos del daño muscular los cuales son el lactato deshidrogenasa y la creatina quinasa. Sin embargo, otros investigadores mencionan tener efectos contrarios o simplemente no haber observado diferencias significativas entre los grupos estudiados. Esta disparidad de resultados reportada en los diferentes estudios crea la necesidad de ser evaluada y expuesta en la presente revisión de literatura.

El objetivo de la presente revisión fue describir la causa y efecto de la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada sobre el daño muscular, la recuperación muscular, ganancia de la masa muscular y fuerza, composición corporal y fatiga en atletas de

resistencia y fuerza de edad adulta en rendimiento deportivo y recreativo.

7.1. Suplementación y posología con aminoácidos de cadena ramificada.

En la actualidad no hay claridad respecto a la dosis que se debe llegar a consumir con una suplementación de aminoácidos de cadena ramificada, para concluir cuál de todas las que se mencionan en la literatura pueden tener un efecto positivo en la capacidad de disminuir el daño muscular, ayudar a la recuperación muscular, aumentar la ganancia de masa muscular y fuerza, incrementar la composición corporal y disminuir la fatiga. En los resultados de este trabajo se pudo evidenciar que aun teniendo una reducida disponibilidad de estudios en la presente revisión, aquellos en donde las dosis y el tiempo de intervención era mucho más prolongados llegaron a presentar efectos estadísticamente significativos en alguno de los parámetros fisiológicos. Sin embargo, la Australian Sports Commission (AIS) y las Recomendaciones de Ingesta de Energía y Nutrientes (RIEN) concuerdan en el consumo de aminoácidos de cadena ramificada (leucina, isoleucina y valina) en una porción de 2:1:1. Otro de los hallazgos que llaman la atención en esta revisión es que prevalece más la forma de suplementación en polvo que en capsulas o líquida, esto puede deberse a que el suplemento en polvo llega a ser mucho más práctico a la hora de consumirlo en grandes cantidades, lo que no es muy práctico a la hora de consumir suplementos comprimidos. Actualmente, la American College of Sports Medicine, menciona que las recomendaciones de ingesta de proteínas para deportistas varían entre 1.2 a 2.0 g/kg de peso/día mencionando que se debe tener en cuenta la condición de entrenamiento del deportista, la intensidad y la frecuencia del ejercicio físico (Marcon & Zanella, 2022). Dicho lo anterior, es preciso cuestionarse si a partir de la dieta no se llegan a cubrir los requerimientos nutricionales, los estudios por si solos no mencionan nada al respecto, lo cual sería un factor que permita determinar si realmente es necesario suplementar a los atletas de resistencia y fuerza o si por el contrario llega a ser oportuno realizar dietas individualizadas para asegurar el consumo de este tipo de aminoácidos.

7.2. Efectos de la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada con respecto al parámetro de daño y recuperación muscular.

En los estudios experimentales seleccionados para ser evaluados, se tomaron diferentes parámetros sanguíneos para evidenciar en daño muscular, siendo el principal la creatina

quinasa (CK) la cual fue evaluada en cinco artículos (Tabla 4). Cuando se realiza un gran número de contracciones musculares repetidas e intensas se incrementan las concentraciones plasmáticas de CK notablemente durante las 24 horas posteriores a la sesión de ejercicio si la persona descansa, si la persona entrena la CK permanece elevada durante las 48 horas posteriores al ejercicio (Brancaccio et al., 2007). La actividad de esta continúa aumentando llegando a alcanzar niveles máximos que entre los 300-6500 Unidades/Litro, con niveles altos observados entre las 24 y 96 horas después de la sesión de ejercicio (Brancaccio et al., 2007). Según Urdampilleta et al. se espera que los valores de CK aumentados post- ejercicio, a las 36 y 48 horas siguientes empiecen a bajar a valores inferiores a 200 Unidades/Litro.

Ahora bien, de los cinco estudios que evaluaron este marcador de daño muscular tres de ellos (Sharp & Pearson; VanDusseldrop et al; Howatson et al) presentaron diferencias significativas entre el grupo suplementado y el grupo placebo, con una disminución de la CK en el grupo suplementado con aminoácidos de cadena ramificada. En el primer estudio (Sharp & Person) la diferencia ($p < 0.05$) de CK como marcador de daño muscular en respuesta al entrenamiento de fuerza crónico de alta intensidad de este estudio frente al grupo placebo, se logró evidenciar después de la última sesión de entrenamiento. En el estudio de VanDusseldrop et al. los niveles de CK plasmática entre el grupo que consumió aminoácidos de cadena ramificada fueron significativamente más bajos ($p = 0,02$) posterior a las 48 horas de haber realizado ejercicio, comparado con el grupo placebo. Además, en el tercer estudio (Howatson et al) la diferencia encontrada para la CK fue significativamente más baja ($p = 0.024$) en el grupo suplementado, esto ocurrió 24 y 48 horas después del ejercicio. Sin embargo, en otros estudios (Knechtle et al; Koba et al) se han encontrados resultados que difieren con lo previamente dicho. No obstante, la disminución observada respecto al tiempo en los dos estudios no difiere en lo absoluto con los valores que menciona Urdampilleta et al. en condiciones normales. En el estudio de Knechtle et al. la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada no proporciona efectos de atenuación en los marcadores bioquímicos de daño muscular como la creatina quinasa (CK) y la mioglobina, después de ejercicios excéntricos tanto de fuerza como de resistencia y el estudio de Koba et al. menciona que los niveles de CK en sangre medidos después de la ejecución aumentaron con respecto a los niveles previos a la ejecución de ambos ensayos. La heterogeneidad de resultados frente a este marcador nos muestran que aun teniendo un número mayor de estudios con resultados

positivos, se hace necesario realizar más estudios que permitan determinar o llegar a un consenso sobre la suplementación que debe proporcionarse para obtener una disminución del marcador de daño muscular.

En el estudio de Koba et al. se encontró que la ingesta de aminoácidos de cadena ramificada durante una carrera de 25 km puede llegar a disminuir las concentraciones séricas de lactato deshidrogenasa en sangre, es decir, los niveles de AACR en sangre durante la carrera ayudaron a disminuir la liberación de la lactato deshidrogenasa la cual fue uno de los predictores de daño muscular en el estudio, indicando mejores resultados comparado con el grupo placebo. Estos resultados sugieren que con la suplementación se puede llegar a obtener un resultado positivo atenuando el daño muscular después de un ejercicio de resistencia prolongado. En condiciones con una alta demanda musculo esquelética, la cadena respiratoria empieza a tener complicaciones, lo que causa un agotamiento del oxígeno, acumulando el piruvato, que para poder metabolizarse entra a la vía de fermentación láctica para convertirse en lactato (último paso de la glucólisis anaeróbica) mediado por la actividad de la enzima lactato deshidrogenasa (Cote & Petro, 2012). Lo que no se menciona es que este al ser un estudio con una suplementación combinada con AACR, arginina y carbohidratos, no permite determinar cuál de los componentes mencionados es el que provoca la disminución del lactato deshidrogenasa, claramente es un efecto que no se le puede atribuir a la suplementación de los AACR, por tal razón aún se desconoce si esta suplementación tiene algún efecto estadísticamente significativo para disminuir el daño muscular a partir del marcador en cuestión.

En otro estudio se utilizaron como marcadores de recuperación muscular el mTORC1 quien interviene en la degradación de proteínas (Rodríguez, 2011) y la síntesis de proteínas musculares (SPM), en los cuales se expone que con la ingesta de una suplementación combinada con aminoácidos de cadena ramificada y carbohidratos, hay una regulación positiva del mTORC1 y una SPM significativamente mayor comparado con el grupo placebo. Sin embargo, es importante mencionar que los resultados del este estudio mencionan que la ingesta por si sola del suplementos sin otro tipo de aminoácidos esenciales, aporta un sustrato limitado para la SPM, la cual no se maximiza (Jackmann et al). Wolfe en su revisión desaprueba la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada, ya que la hipótesis de

que el consumo de estos estimula la SPM o tiene una respuesta anabólica en los humanos aún no está justificada (Wolfe, 2017). Este marcador al ser evaluado con una suplementación combinada con carbohidratos no permite dilucidar de manera clara los resultados.

En cambio, Howatson et al. indica que después de la suplementación con una dosis de 20 g de aminoácidos de cadena ramificada el dolor muscular se redujo de manera significativa posterior a las 24 y 48 horas postejercicio en comparación con el grupo placebo. Sin embargo, las escalas utilizadas para poder evaluar el dolor muscular percibido como la escala analógica visual, no son los indicadores más favorables para su valoración. Otro estudio expone que la suplementación combinada con carbohidratos no altera de manera diferencial el dolor muscular después de un entrenamiento de resistencia intenso, lo que se puede explicar por un posible estímulo demasiado dañino para los músculos (Kephart et al, 2016). La heterogeneidad de los resultados no permite llegar a conclusiones concretas que den una respuesta sólida de si la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada va a disminuir el dolor muscular posterior a periodos de ejercicio con intensidad elevada.

7.3. Efectos de la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada con respecto al parámetro de masa muscular y fuerza.

Para el análisis de este parámetro, los autores que mencionan tener un efecto sobre el mismo, Kephart et al. sugiere que la suplementación combinada con carbohidratos no tiene un efecto significativo en la ganancia de la fuerza. Aun así, Dudgeon et al. quien expone una suplementación de 28 g/día de aminoácidos de cadena ramificada, muestra un aumento significativo de la fuerza en la parte superior e inferior del cuerpo con un entrenamiento de resistencia. La aptitud muscular en este estudio se midió a partir de una repetición máxima de press de banca para la parte superior del cuerpo y una de sentadilla trasera paralela para la parte inferior del cuerpo, los sujetos debían completar tantas repeticiones como fuera posible al 80% de una repetición máxima de los ejercicios previamente dichos, lo cual para el autor tuvo resultados positivos en el desarrollo de la fuerza muscular en el grupo suplementado con aminoácidos de cadena ramificada comparado con el grupo que recibió como placebo carbohidratos. Sin embargo, el autor menciona que los cambios observados en la fuerza se debieron a efectos por la suplementación con AACR más que al protocolo de entrenamiento, es decir que no hubo una capacidad de adaptación o condiciones físicas que

hayan incidido sobre el resultado obtenido en el estudio. En conclusión, la variabilidad de los resultados de los autores mencionados no permite confirmar que la utilización de AACR sea la indicada para la ganancia de fuerza muscular.

7.4. Efectos de la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada con respecto al parámetro composición corporal.

En el estudio de Dudgeon et al. después de un programa de 8 semanas de duración de entrenamiento de resistencia se muestra que hubo una pérdida significativa de masa grasa. Sin embargo, no hubo cambios significativos en la masa corporal, pero si se mantuvo la masa magra en el grupo suplementado. Lo que sugiere una eficacia del suplemento en comparación con el placebo suministrado que fue de carbohidratos para el mantenimiento de la masa corporal. Este al ser único autor de los nueve estudios evaluados que menciona tener un efecto sobre el parámetro de composición corporal, no permite contrastar o comparar los resultados obtenidos de tal forma que permita precisar de manera clara si la suplementación con AACR tiene un factor relevante en cuanto al parámetro de composición corporal.

7.5. Efectos de la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada con respecto al parámetro fatiga.

En un estudio doble ciego de atletas de taekwondo encontró que la suplementación combinada de aminoácidos de cadena ramificada, arginina, citrulina y vitamina E, disminuye de manera significativa la relación triptófano/AACR, lo cual reduce la pérdida de proteínas y retrasa la fatiga central de los atletas (Chen et al, 2016). Sin embargo, en otro estudio con una suplementación combinada de aminoácidos de cadena ramificada, arginina y carbohidratos, no mostro resultados positivos en cuanto a la disminución de la relación triptófano/AACR después de correr (Koba et al, 2007). Ahora bien, el triptófano es un aminoácido y actúa como precursor de la serotonina que es un neurotransmisor, el aumento del triptófano se ve relacionado con mecanismos de fatiga central y este se ve estrechamente relacionado con los aminoácidos de cadena ramificada ya que compiten para la entrada al cerebro (Urdampilleta et al, 2013). Lo que sugieren los estudios de la presente revisión es que aún no hay un consenso que determine la eficacia de la suplementación con respecto a la disminución de la relación Triptófano/AACR, es decir, aún se encuentra disparidad sobre los resultados de ambos estudios evaluados.

Los estudios que mencionaron tener un efecto en este parámetro tenían una suplementación combinada con arginina, citrulina, vitamina E y carbohidratos. En la nutrición deportiva se ha puesto de manifiesto que los aminoácidos arginina y citrulina pueden ejercer un efecto como precursores del óxido nítrico (ON) este permite aumentar el flujo sanguíneo hacia los tejidos activos con la finalidad de suministrar mayor oxígeno en condiciones como por ejemplo durante el ejercicio (Huerta et al, 2019). Es por esta razón, que el aumento del ON en uno de los estudios puede ser el resultado que ejercen los aminoácidos de arginina y citrulina, pero no se menciona un acción directa de los AACR sobre el aumento de esta molécula. Lo cual permite concluir que la suplementación por si sola de AACR llega a ser innecesaria a la hora de evaluar este parámetro por medio de este marcador de fatiga.

El amonio fue otro de los marcadores utilizados para evaluar este parámetro en los dos estudios. Se menciona que a la hora de realizar ejercicios de alta intensidad dentro del cuerpo se genera todo un proceso de transformación que da como resultado la liberación del amoniaco, un aumento significativo de este en sangre indica que la intensidad del esfuerzo físico se ve implicada en el metabolismo anaeróbico (Urdampilleta et al, 2013). En uno de los estudios se observa que la suplementación combinada con vitamina E, arginina y citrulina, no condujo a una acumulación adicional de amonio, lo cual puede ser el resultado del aumento en la producción de ON y no por la suplementación con AACR (Chen et al, 2016). En línea opuesta, Koba et al. menciona que los niveles de amoniaco aumentaron en sangre después de la realización de los ensayos. Lo anterior nos permite evidenciar que aquel que ejerce el efecto positivo en el estudio de Chen et al. no fue el componente de AACR sino los otros componentes presentes en el suplemento.

7.6. Fortalezas, oportunidades y debilidades de la investigación.

La presente revisión de literatura logra dar respuesta a la pregunta de investigación planteada, lo cual permite confirmar la relevancia de si es realmente necesaria la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada en atletas de resistencia y fuerza. Como debilidades, se presenta la escasez de artículos encontrados, el tamaño de la muestra de cada uno de los estudios que eran demasiado pequeños, además la población encontrada fue netamente de hombres, la falta de uniformidad en los protocolos de suplementación, lo cual no permite comparar y sacar conclusiones claras y precisas sobre la dosis que debe darse para lograr

obtener resultados positivos en alguno de los parámetros. También fue difícil encontrar información significativa que mostrara un panorama global de la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada, esto no permitió obtener resultados concluyentes sobre la suplementación. Finalmente, siendo este un tema de interés en la nutrición deportiva, una oportunidad de mejora es hacer estudios con un tamaño de muestra más grandes y con población masculina y femenina que consientan el consumo de aminoácidos de cadena ramificada o que por el contrario lo desestimen.

8. CONCLUSIONES

- Al ser los aminoácidos de cadena ramificada uno de los suplementos con una alta demanda y consumo en el ámbito deportivo, no existe suficiente evidencia científica que garantice los beneficios entre los atletas y es algo que menciona la Comisión Australiana de Deportes.
- Teniendo en cuenta los estudios incluidos en esta revisión, se hace necesario realizar más estudios controlados y aleatorizados en atletas de resistencia y fuerza que permitan llegar a resultados sólidos frente a los efectos que se generan a partir de la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada, de esta forma se podrá llegar a determinar si es realmente necesaria una suplementación o si a partir de un plan nutricional individualizado y controlado se pueden llegar a ver mejores resultados.
- Los resultados obtenidos en los cuatro parámetros no permiten confirmar que el consumo de aminoácidos de cadena ramificada sean 100% efectivos a la hora de alterar de manera significativa los parámetros fisiológicos evaluados.
- El parámetro de daño y recuperación muscular muestra tener efectos significativamente positivos posterior a la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada. Sin embargo, al haber discrepancia con algunos autores frente a los efectos que se pueden llegar a encontrar, se resalta la necesidad de hacer más investigaciones para dilucidar con mayor claridad y precisión los resultados.
- El parámetro de fuerza y la masa muscular mencionan tener tanto efectos positivos como negativos según los autores que lo evaluaron, pero ninguno de ellos menciona tener un efecto en la resistencia. Por lo tanto, la resistencia debe ser una variable a tener en cuenta en futuras investigaciones.

- La composición corporal carece de resultados consistentes que permitan apoyar la indicación de la suplementación con aminoácidos de cadena ramificada en deportes de resistencia y fuerza.
- Los estudios incluidos en esta revisión que mencionaron tener un efecto sobre el parámetro de fatiga, sugieren que la suplementación combinada puede llegar a aliviar la fatiga central inducida por el ejercicio en atletas. Sin embargo, no hay ningún estudio que evalué este parámetro solamente con la suplementación de aminoácidos de cadena ramificada, que de cierta forma permitan evidenciar y asegurar que los resultados obtenidos fueron por la acción de estos aminoácidos esenciales y no por otros componentes.

9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar más investigaciones, con un número mayor de sujetos entrenados en fuerza y resistencia durante un tiempo de intervención significativo y con una suplementación exclusiva de aminoácidos de cadena ramificada para poder obtener resultados consistentes y veraces.
- En razón a que la muestra y gran parte de los sujetos presentes en cada estudio eran de sexo masculino, se cree conveniente realizar un estudio que evalué los parámetros fisiológicos mencionados en esta revisión que contenga un número homogéneo de hombre y mujeres, en las mismas condiciones físicas y ambientales, para llegar a tener una comparación entre ambos sexos, lo que permitirá hacer un análisis exhaustivo en los potenciales compradores de este tipo de suplementos y evitar sesgos en el mismo.
- Es importante tener en cuenta los aspectos mencionados en las limitaciones al momento de realizar futuros estudios. Por esto se recomienda que al momento de hacer el estudio se tenga en cuenta el tamaño de muestra, el protocolo de suplementación y una suplementación exclusiva con aminoácidos de cadena ramificada, para así poder determinar que los efectos positivos fueron por la suplementación y no por otros criterios inmersos en los estudios, y así evitar los posibles sesgos que pueden estarse generando actualmente.

10. BIBLIOGRAFIA

- Alonso Extremiana, M., & Uribe Tejada, I. (2001). Doms: Dolor Muscular de Inicio Retardado. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 36(136), 5–13. [https://doi.org/10.1016/S1886-6581\(01\)75988-9](https://doi.org/10.1016/S1886-6581(01)75988-9)
- Aranda Torrelio, Eduardo. (2010). Interpretación de la deshidrogenasa láctica. *Revista de la Sociedad Boliviana de Pediatría*, 49(2), 132-134. Recuperado en 18 de mayo de 2022, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-06752010000200009&lng=es&tlng=es.
- Alonso Extremiana, M., & Uribe Tejada, I. (2001). Doms: Dolor Muscular de Inicio Retardado. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 36(136), 5–13. [https://doi.org/10.1016/S1886-6581\(01\)75988-9](https://doi.org/10.1016/S1886-6581(01)75988-9)
- Araújo, C. G. S., & Scharhag, J. (2016). Athlete: a working definition for medical and health sciences research. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(1), 4–7. <https://doi.org/10.1111/SMS.12632>
- Areces, F., Salinero, J. J., Abian-Vicen, J., González-Millán, C., Gallo-Salazar, C., Ruiz-Vicente, D., Lara, B., & Del Coso, J. (2014). A 7-day oral supplementation with branched-chain amino acids was ineffective to prevent muscle damage during a marathon. *Amino acids*, 46(5), 1169–1176. <https://doi.org/10.1007/s00726-014-1677-3>
- Aznar, S., Webster, T. (Actividad Física y Salud en la Infancia y la Adolescencia. Guía para todas las personas que participan en su educación. Ministerio de Sanidad y Consumo – Ministerio de Educación y Ciencia. <https://www.sanidad.gob.es/en/ciudadanos/proteccionSalud/adultos/actiFisica/docs/ActividadFisicaSaludEspanol.pdf>.
- 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>
- Benavides Trujillo, Maria Carolina, & Pinzón Tovar, Alejandro. (2008). Óxido nítrico: implicaciones fisiopatológicas. *Colombian Journal of Anesthesiology*, 36(1), 45-52. Retrieved May 18, 2022, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-33472008000100007&lng=en&tlng=es.
- Besco Garcia, R. (2003) Aminoácidos ramificados como suplementación ergogénica en el deporte. Archivos de medicina del deporte. https://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/Revision_Aminoacidos_429_97.pdf.

- Bigard X. (2020). Nutrition du sportif [Nutrition in sports]. *La Revue du praticien*, 70(5), 561–565. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33058648/>.
- Burkhalter, N., & Evaluación, N. (1996). Evaluación de la escala Borg de esfuerzo percibido aplicada a la rehabilitación cardiaca. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 4(3), 65–73. <https://doi.org/10.1590/S0104-11691996000300006>.
- Carta Europea del Deporte (1992). Fuentes Documentales. Bienestar y protección Infantil. Retrieved May 17, 2022, from <https://www.bienestaryproteccioninfantil.es/fuentes1.asp?sec=34&subs=439&cod=3118&page=>.
- Carrero González, C., Lastre-Amell, G., Alejandra-Oróstegui, M., Ruiz-Escorcía, L., & Parody Muñoz, A. (n.d.). *Evaluación de la composición corporal según factor de riesgo de obesidad en universitarios*. 36(1), 2020. <https://doi.org/10.14482/sun.36.1.616.3>
- Chen, I. F., Wu, H. J., Chen, C. Y., Chou, K. M., & Chang, C. K. (2022). Branched-chain amino acids, arginine, citrulline alleviate central fatigue after 3 simulated matches in taekwondo athletes: a randomized controlled trial. *https://Doi.Org/10.1186/S12970-016-0140-0*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/S12970-016-0140-0>
- Coombes, J. S., & McNaughton, L. S. (2000). Effects of branched-chain amino acid supplementation on serum creatine kinase and lactate dehydrogenase after prolonged exercise. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 40(3), 240-6. Retrieved from <https://login.ezproxy.javeriana.edu.co/login?qurl=https%3A%2F%2Fwww.proquest.com%2Fscholarly-journals%2Feffects-branched-chain-amino-acid-supplementation%2Fdocview%2F202686808%2Fse-2%3Faccountid%3D13250>.
- Cote Mogollón, F., & Petro Soto, J. (2012). Planteamientos relevantes sobre el metabolismo del lactato y su relación con el ejercicio físico. (U. d. Pamplona, Ed.) *Revista Actividad Física y Desarrollo Humano*.
- Cristina Olivos, O., Ada Cuevas, M., Verónica Álvarez, V., & Carlos Jorquera, A. (2012). Nutrición Para el Entrenamiento y la Competición. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 23(3), 253–261. [https://doi.org/10.1016/S0716-8640\(12\)70308-5](https://doi.org/10.1016/S0716-8640(12)70308-5)
- Cruzat, V. F., Krause, M., & Newsholme, P. (2014). Amino acid supplementation and impact on immune function in the context of exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* 2014 11:1, 11(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/S12970-014-0061-8>
- Cuadrado-Peñañiel, V., & González-Badillo, J.J., & Jiménez-Reyes, P. (2011). Análisis de variables medidas en salto vertical relacionadas con el rendimiento deportivo y su aplicación al entrenamiento. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 6(17), 113-119. [fecha de Consulta 18 de Mayo de 2022]. ISSN: 1696-5043. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=163022532005>.

- Cuervo, M., Ansorena, D., García, A., González Martínez, M. A., Astiasarán, I., & Martínez, J. A. (2009). Valoración de la circunferencia de la pantorrilla como indicador de riesgo de desnutrición en personas mayores. *Nutrición Hospitalaria*, 24(1), 63-67. Recuperado en 18 de mayo de 2022, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112009000100010&lng=es&tlng=es.
- De, C., Santos, S., Expedito, F., & Nascimento, L. (2019). *Reviewing Basic sciences Isolated branched-chain amino acid intake and muscle protein synthesis in humans: a biochemical review Consumo isolado de aminoácidos de cadeia ramificada e síntese de proteína muscular em humanos: uma revisão bioquímica*. 17(3), 1-5. https://doi.org/10.31744/einstein_journal/2019RB4898
- De Sousa, L. (2011) Alteraciones en las concentraciones de amonio sérico después de la aplicación de la técnica osteopática sobre el hígado según Ralph-Faylor. Escuela de Osteopatía de Madrid (España) y Núcleo de Estudios en Osteopatía (Brasil), Educador Físico (PUCCAMP). <https://www.elsevier.es/es-revista-osteopatia-cientifica-281-articulo-alteraciones-concentraciones-amonio-serico-despues-X1886929711327885>.
- Domínguez La Rosa, P. y Espeso Gayte, E. (2003). Bases fisiológicas del entrenamiento de la fuerza con niños y adolescentes. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* vol. 3 (9) pp. 61-68 <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista9/artfuerza.htm>.
- Dudgeon, W. D., Kelley, E. P., & Scheett, T. P. (2022). In a single-blind, matched group design: branched-chain amino acid supplementation and resistance training maintains lean body mass during a caloric restricted diet. *https://doi.org/10.1186/S12970-015-0112-9*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/S12970-015-0112-9>
- Fernando. (2009). *PLAN INTEGRAL PARA LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE Actividad Física y Salud*. <http://femedede.es/documentos/PlanIntegralv1.pdf>.
- Ferraresi, C., Bertucci, D., Schiavinato, J., Reiff, R., Araújo, A., Panepucci, R., Matheucci, E., Cunha, A. F., Arakelian, V. M., Hamblin, M. R., Parizotto, N., & Bagnato, V. (2016). Effects of Light-Emitting Diode Therapy on Muscle Hypertrophy, Gene Expression, Performance, Damage, and Delayed-Onset Muscle Soreness: Case-control Study with a Pair of Identical Twins. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 95(10), 746-757. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000000490>
- Ferraresi, C., & Parizotto, N. A. (2013). *Muscle strength development, assessment and role in disease*.
- Fouré, A., & Bendahan, D. (2017). Is Branched-Chain Amino Acids Supplementation an Efficient Nutritional Strategy to Alleviate Skeletal Muscle Damage? A Systematic

Review. *Nutrients* 2017, Vol. 9, Page 1047, 9(10), 1047.
<https://doi.org/10.3390/NU9101047>

Frontera, W. R., & Ochala, J. (2015). Skeletal muscle: a brief review of structure and function. *Calcified Tissue International*, 96(3), 183–195.
<https://doi.org/10.1007/S00223-014-9915-Y>

Gee, T. I., & Deniel, S. (2016). Branched-chain amino acid supplementation attenuates a decrease in power-producing ability following acute strength training. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 56(12), 1511–1517.
<https://www.minervamedica.it/en/journals/sports-med-physical-fitness/article.php?cod=R40Y2016N12A151>.

Gutiérrez, C., Lares, M., & Sandoval, J. (2020). *Aminoácidos de cadena ramificada: implicaciones en la salud*. <https://doi.org/10.37910/RDP.2020.9.2.e224>

Howatson, G., Hoad, M., Goodall, S., Tallent, J., Bell, P. G., & French, D. N. (2012). Exercise-induced muscle damage is reduced in resistance-trained males by branched chain amino acids: a randomized, double-blind, placebo controlled study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 9, 20. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-9-20>.

Hsu, M. C., Chien, K. Y., Hsu, C. C., Chung, C. J., Chan, K. H., & Su, B. (2011). Effects of BCAA, arginine and carbohydrate combined drink on post-exercise biochemical response and psychological condition. *The Chinese journal of physiology*, 54(2), 71–78. <https://doi.org/10.4077/cjp.2011.amk075>.

Huerta Ojeda, Álvaro, Domínguez de Hanna, Andreina, & Barahona-Fuentes, Guillermo. (2019). Efecto de la suplementación de L-arginina y L-citrulina sobre el rendimiento físico: una revisión sistemática. *Nutrición Hospitalaria*, 36(6), 1389-1402. Epub 24 de febrero de 2020. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.02478>.

J. Kennelly P, & W. Rodwell V (2013). Proteínas: mioglobina y hemoglobina. Murray R.K., & Bender D.A., & Botham K.M., & Kennelly P.J., & Rodwell V.W., & Weil P(Eds.), *Harper. Bioquímica ilustrada, 29a edición*. McGraw Hill. <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1441§ionid=100482077>.

Jackman, S. R., Witard, O. C., Philp, A., Wallis, G. A., Baar, K., & Tipton, K. D. (2017). Branched-Chain Amino Acid Ingestion Stimulates Muscle Myofibrillar Protein Synthesis following Resistance Exercise in Humans. *Frontiers in physiology*, 8, 390. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00390>.

Jorquera Aguilera, C., Rodríguez-Rodríguez, F., Torrealba Vieira, M. I., Campos Serrano, J., & Gracia Leiva, N. (2016). Consumo, características y perfil del consumidor de suplementos nutricionales en gimnasios de Santiago de Chile. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, 9(3), 99–104. <https://doi.org/10.1016/J.RAMD.2015.04.004>

- Kai, J. T. (2010). *Strength Training : Types and Principles, Benefits and Concerns*. Nova Science Publishers, Inc.
- Katch, V. L., McArdle, W. D. 1939-, & Katch, F. I. (2015). *Fisiología del ejercicio : fundamentos*. Editorial Médica Panamericana.
- Kennelly P.J., PhD, & Rodwell V.W., PhD (2016). Proteínas: mioglobina y hemoglobina. Rodwell V.W., & Bender D.A., & Botham K.M., & Kennelly P.J., & Weil P(Eds.), *Harper. Bioquímica ilustrada, 30e*. McGraw Hill. <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1814§ionid=127361847>
- Kephart, W. C., Mumford, P. W., McCloskey, A. E., Holland, A. M., Shake, J. J., Mobley, C. B., Jagodinsky, A. E., Weimar, W. H., Oliver, G. D., Young, K. C., Moon, J. R., & Roberts, M. D. (2016). Post-exercise branched chain amino acid supplementation does not affect recovery markers following three consecutive high intensity resistance training bouts compared to carbohydrate supplementation. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 13, 30. <https://doi.org/10.1186/s12970-016-0142-y>.
- Kevin Medina Maes. (2015). Influencia de la fuerza máxima en la fuerza explosiva. EFDeportes.com, Revista Digital. Buenos Aires - Año 20 - N° 204 - Mayo de 2015. <https://www.efdeportes.com/efd204/influencia-de-la-fuerza-maxima-en-la-fuerza-explosiva.htm>.
- Knechtle, B., Mrazek, C., Wirth, A., Knechtle, P., Rüst, C. A., Senn, O., Rosemann, T., Imoberdorf, R., & Ballmer, P. (2012). Branched-chain amino acid supplementation during a 100-km ultra-marathon-A randomized controlled trial. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 58(1), 36–44. <https://doi.org/10.3177/JNSV.58.36>
- Koba, T., Hamada, K., Sakurai, M., Matsumoto, K., Hayase, H., Imaizumi, K., Tsujimoto, H., & Mitsuzono, R. (2007). Branched-chain amino acids supplementation attenuates the accumulation of blood lactate dehydrogenase during distance running. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 47(3), 316–322.
- Kreider, R. B., Miriel, V., & Bertun, E. (1993). Amino acid supplementation and exercise performance. Analysis of the proposed ergogenic value. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 16(3), 190–209. <https://doi.org/10.2165/00007256-199316030-00004>
- Portafolio (2019). Los Suplementos Dietarios Mueven \$274.300 Millones | Negocios. Retrieved January 24, 2022, from <https://www.portafolio.co/negocios/los-suplementos-dietarios-mueven-274-300-millones-534598>.
- Pérez-Monzón, R., Jiménez-Alfageme, R., Sospedra, I., Sánchez-Oliver, A. J., Domínguez, R., & Martínez-Sanz, J. M. (2021). Consumo de suplementos deportivos en remeros

universitarios. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, 14(3), 181–185.
<https://doi.org/10.33155/J.RAMD.2021.08.002>

Mahecha, T (2021). Análisis de los parámetros fisiológicos de monitoreo en pacientes caninos y felinos internados en la uci en la clínica veterinaria punto vet, Medellín Colombia. Repositorio Universidad Cooperativa Colombia. https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/33989/2/2021_analisis_parametros_fisiologicos.pdf.

Master, P. B. Z., & Macedo, R. C. O. (2021). Effects of dietary supplementation in sport and exercise: a review of evidence on milk proteins and amino acids. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 61(7), 1225–1239. <https://doi.org.ezproxy.javeriana.edu.co/10.1080/10408398.2020.1756216>.

Marcon, M., & Zanella, P. B. (2022). The effect of branched-chain amino acids supplementation in physical exercise: A systematic review of human randomized controlled trials. *Science & Sports*. <https://doi.org/10.1016/J.SCISPO.2021.05.006>

Maughan, R. J., Burke, L. M., Dvorak, J., Larson-Meyer, D. E., Peeling, P., Phillips, S. M., Rawson, E. S., Walsh, N. P., Garthe, I., Geyer, H., Meeusen, R., van Loon, L. J. C., Shirreffs, S. M., Spriet, L. L., Stuart, M., Verne, A., Currell, K., Ali, V. M., Budgett, R. G., ... Engebretsen, L. (2018). IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *British Journal of Sports Medicine*, 52(7), 439–455. <https://doi.org/10.1136/BJSPORTS-2018-099027>

Matsumoto, K., Koba, T., Hamada, K., Sakurai, M., Higuchi, T., & Miyata, H. (2009). Branched-chain amino acid supplementation attenuates muscle soreness, muscle damage and inflammation during an intensive training program. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 49(4), 424–431. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20087302/>.

McKinney, J., Velghe, J., Fee, J., Isserow, S., & Drezner, J. A. (2019). Defining Athletes and Exercisers. *The American Journal of Cardiology*, 123(3),532–535. <https://doi.org/10.1016/J.AMJCARD.2018.11.001>

MEDINA, F. S., RAMÍREZ, W. A. P., RAMÍREZ, W. A. P., LEAL, D. M., LEAL, D. M., LÓPEZ, V. F., LÓPEZ, V. F., M, J. C., & M, J. C. (2013). METODOLOGÍA Y FIABILIDAD DE LA MEDICIÓN DEL PERÍMETRO DE MUSLO. *ACTIVIDAD FÍSICA Y DESARROLLO HUMANO*, 4(1).

Méndez Galvis, Edgar Alberto, & Márquez Arabia, Jorge Jaime, & Castro Castro, Carlos Adolfo (2007). El trabajo de fuerza en el desarrollo de la potencia en futbolistas de las divisiones menores de un equipo profesional de fútbol. *Iatreia*, 20(2),127-143.[fecha de consulta 23 de febrero de 2022]. Issn: 0121-0793. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180513859003>.

Ministerio de Salud y Protección Social (2016). Recomendación de Ingesta de Energía y de Nutrientes (RIEN).

https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%203803%20de%202016.pdf

Migocka-Patrzałek, M., Dubińska-Magiera, M., Lewandowski, D., Elias, M., & Daczewska, M. (2021). [What is unknown in skeletal muscles?]. *Postepy Biochemii*, 67(4). https://doi.org/10.18388/PB.2021_411

Montes, M. (2004). *Entrenamiento de alto rendimiento*. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lps/marquez_m_mp/capitulo2.pdf.

Mora-Rodríguez, R., Pallarés, J. G., & Ortega, J. F. (2019). *Fisiología del deporte y el ejercicio Prácticas de campo y laboratorio. 2 Edición. Vol. 1. Madrid, España: Editorial Médica Panamericana SA; 2019. 272.* <https://www.redalyc.org/journal/3761/376168555012/376168555012.pdf>.

Moreno Quinchanegua, J. E. (2018). LA FATIGA, TIPOS CAUSAS Y EFECTOS. *Revista Digital: Actividad Física Y Deporte*, 3(2). Recuperado a partir de <https://revistas.udca.edu.co/index.php/rdafd/article/view/376>.

Naclerio Ayllón, Fernando, & Jiménez Gutiérrez, Alfonso (2007). ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA CONTRA RESISTENCIAS: CÓMO DETERMINAR LAS ZONAS DE ENTRENAMIENTO.. *Journal of Human Sport and Exercise*, II(II),42-52.[fecha de Consulta 10 de Febrero de 2022]. ISSN: . Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=301023504003>.

NIH (2022). Instituto Nacional del Cancer. Definición de Frecuencia Cardíaca - Diccionario de Cáncer Del NCI. <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/frecuencia-cardiaca>.

Nie, C., He, T., Zhang, W., Zhang, G., & Ma, X. (2018). Branched Chain Amino Acids: Beyond Nutrition Metabolism. *International Journal of Molecular Sciences* 2018, Vol. 19, Page 954, 19(4), 954. <https://doi.org/10.3390/IJMS19040954>

Nodari, L. (2018). *Evaluación de la fuerza*. Instituto de Educación Física. https://ief9016-inf.d.mendoza.edu.ar/aula/archivos/repositorio/4000/4134/Evaluacion_de_la_Fuerza.pdf?id_curso=1154.

Nosaka, K., Aldayel, A., Jubeau, M., & Chen, T. C. (2011). Muscle damage induced by electrical stimulation. *European Journal of Applied Physiology* 2011 111:10, 111(10), 2427–2437. <https://doi.org/10.1007/S00421-011-2086-X>

OMS (2017). Recomendaciones mundiales sobre la actividad física para la salud. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/337004/9789240014817-spa.pdf>.

- Palmi Guerrero, J., & Riera Riera, J.. (2017). Las competencias del deportista para el rendimiento. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 17(1), 13-18. Recuperado en 25 de marzo de 2022, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1578-84232017000100002&lng=es&tlng=es.
- Peake, J. M. (2019). Recovery after exercise: what is the current state of play? *Current Opinion in Physiology*, 10, 17–26. <https://doi.org/10.1016/J.COPHYS.2019.03.007>
- Pérez-Monzón, R., Jiménez-Alfageme, R., Sospedra, I., Sánchez-Oliver, A. J., Domínguez, R., & Martínez-Sanz, J. M. (2021). Consumo de suplementos deportivos en remeros universitarios. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, 14(3), 181–185. <https://doi.org/10.33155/J.RAMD.2021.08.002>
- Plotkin, DL, Delcastillo, K., Van Every, DW, Tipton, KD, Aragon, AA y Schoenfeld, BJ (2021). Suplementos aislados de leucina y aminoácidos de cadena ramificada para mejorar la fuerza muscular y la hipertrofia: una revisión narrativa, *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* , 31 (3), 292-301. Recuperado el 28 de abril de 2022 de <https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijsnem/31/3/article-p292.xml>.
- Porras-Alvarez, J. (2018). Consecuencias del amonio en la fatiga central en atletas, posible efecto neuroprotector del ejercicio. *MedUNAB*, 21(1), 115–121. <https://doi.org/10.29375/01237047.3394>
- Rabassa-Blanco, J., & Palma-Linares, I. (2017). Efectos de los suplementos de proteína y aminoácidos de cadena ramificada en entrenamiento de fuerza: revisión bibliográfica. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 21(1), 55–73. <https://doi.org/10.14306/renhyd.21.1.220>
- Raizel, R., Coqueiro, A. Y., Bonvini, A., & Tirapegui, J. (2019). Sports and Energy Drinks: Aspects to Consider. *Sports and Energy Drinks: Volume 10: The Science of Beverages*, 1–37. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815851-7.00001-2>
- Riera, J. R. (1997). *ACERCA DEL DEPORTE Y DEL DEPORTISTA*. <https://ddd.uab.cat/pub/revpsidep/19885636v6n1/19885636v6n1p127.pdf>.
- Rivas Borbón, Milton, & Sánchez Alvarado, Erick (2013). FÚTBOL. ENTRENAMIENTO ACTUAL DE LA CONDICIÓN FÍSICA DEL FUTBOLISTA. *MHSalud*, 10(2), 1-131.[fecha de Consulta 23 de Febrero de 2022]. ISSN: 1659-097X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237029450003>.
- Rodríguez P., X., Castillo V., O., Tejo C., J., & Rozowski N., J. (2014). Somatotipo de los deportistas de alto rendimiento de Santiago, Chile. *Revista Chilena de Nutrición*, 41(1), 29–39. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182014000100004>

- Rodríguez Pérez, J.C.. (2011). El papel de los inhibidores de mTOR en las enfermedades renales. *Nefrología (Madrid)*, 31(3), 251-255. Recuperado en 14 de mayo de 2022, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0211-69952011000300003&lng=es&tlng=es.
- Saidi, O., Bezrati-Ben Ayed, I., Benzarti, A., Duché, P., & Serairi, R. (2018). Intake of carbohydrate- protein supplements by recreational users at gyms: Body composition improved? *Science & Sports*, 33(4), e141–e149. <https://doi.org/10.1016/J.SCISPO.2018.02.004>
- Salinas-García, M. E., Martínez-Sanz, J. M., Urdampilleta, A., Mielgo-Ayuso, J., Navarro, A. N., & Ortiz- Moncada, R. (2015). Efectos de los aminoácidos ramificados en deportes de larga duración: revisión bibliográfica. *Nutrición Hospitalaria*, 31(2), 577–589. <https://doi.org/10.3305/NH.2015.31.2.7852>
- Sharif, K., Watad, A., Bragazzi, N. L., Lichtbroun, M., Amital, H., & Shoenfeld, Y. (2018). Physical activity and autoimmune diseases: Get moving and manage the disease. *Autoimmunity Reviews*, 17(1), 53–72. <https://doi.org>
- Sharp, C. P., & Pearson, D. R. (2010). Amino acid supplements and recovery from high-intensity resistance training. *Journal of strength and conditioning research*, 24(4), 1125–1130. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c7c655>.
- Takarada, Y., & Nozaki, D. (2021). Shouting strengthens maximal voluntary force and is associated with augmented pupillary dilation. *Scientific Reports 2021 11:1*, 11(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97949-2>
- Urdampilleta, A., Martínez-Sanz, J. M., & Lopez-Grueso, R. (2013). Valoración bioquímica del entrenamiento: herramienta para el dietista-nutricionista deportivo. *Revista Española De Nutrición Humana Y Dietética*, 17(2), 73–83. <https://doi.org/10.14306/renhyd.17.2.14>.
- Vandusseldorp, T. A., Escobar, K. A., Johnson, K. E., Stratton, M. T., Moriarty, T., Cole, N., McCormick, J. J., Kerksick, C. M., Vaughan, R. A., Dokladny, K., Kravitz, L., & Mermier, C. M. (2018). Effect of Branched-Chain Amino Acid Supplementation on Recovery Following Acute Eccentric Exercise. *Nutrients 2018, Vol. 10, Page 1389*, 10(10), 1389. <https://doi.org/10.3390/NU10101389>.
- Waldron, M., Whelan, K., Jeffries, O., Burt, D., Howe, L., & Patterson, S. D. (2017). The effects of acute branched-chain amino acid supplementation on recovery from a single bout of hypertrophy exercise in resistance-trained athletes. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 42(6), 630–636. <https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0569>.

- Wang, Z. M., Pierson, R. N., Jr, & Heymsfield, S. B. (1992). The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *The American journal of clinical nutrition*, 56(1), 19–28. <https://doi.org/10.1093/ajcn/56.1.19>.
- Wolfe, R.R (2006). Skeletal Muscle Protein Metabolism and Resistance Exercise. *The Journal of Nutrition*; 136 (2): 525S. <https://g-se.com/metabolismo-de-las-proteinas-en-el-musculo-esqueletico-y-entrenamiento-de-sobrecarga-1210-sa-z57cfb271d6ae4>.
- Wolfe, R. R. (2017). Branched-chain amino acids and muscle protein synthesis in humans: Myth or reality? *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/S12970-017-0184-9/FIGURES/1>
- Wyon, M. A., & Koutedakis, Y. (2013). Muscular fatigue: considerations for dance. *Journal of Dance Medicine & Science: Official Publication of the International Association for Dance Medicine & Science*, 17(2), 63–69. <https://doi.org/10.12678/1089-313X.17.2.63>
- Yang, C. C., Wu, C. L., Chen, I. F., & Chang, C. K. (2017). Prevention of perceptual-motor decline by branched-chain amino acids, arginine, citrulline after tennis match. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 27(9), 935–944. <https://doi.org/10.1111/sms.12717>.
- Zambrano, A; Rendón, J; Trujillo, M; Valero, N. (2019). Concentración sérica de creatinina y funcionalismo renal en adultos de centros de entrenamiento físico de Calcuta. Universidad Estatal del Sur de Manabi. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7343661>.

