



“Los efectos de una alimentación cetogénica en el rendimiento y desarrollo fisiológico del atleta de Brazilian Jiu Jitsu”

*TESIS presentada para aspirar al Grado LICENCIADO EN
EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTES.*

HEIN, CRISTIAN ANDRÉS

Contenido

Resumen.....	4
Palabras clave.....	4
Abstract	5
Keywords	5
Introducción	6
Justificación.....	7
Problema.....	8
Pregunta de investigacion.....	8
Objetivos.....	8
Marco teórico	9
Brazilian Jiu Jitsu	9
Aproximación histórica.....	9
Brazilian Jiu Jitsu y rendimiento deportivo	10
Composición corporal en el Brazilian Jiu Jitsu.....	10
Las expresiones de fuerza en el Brazilian Jiu Jitsu	12
El modelo de alimentación cetogénica.....	15
Aproximación histórica.....	15
Efectos de la dieta cetogénica sobre la grasa y el peso corporal	16
Dieta cetogénica y deportes	17
Dieta cetogénica y control del Peso	17
Dieta cetogénica y masa muscular.....	18
Dieta cetogénica y fuerza.....	18
Metodología.....	20
Población y muestreo:	20
Procedimientos.....	21
Pruebas iniciales	21
Protocolo de dieta	22
Protocolo de evaluación de rendimiento	23
Protocolo de entrenamiento.....	24
Tabulación de datos.....	25
Análisis	26
Composición corporal	26

Fuerza Máxima	27
Potencia	28
Rendimiento	29
Conclusiones	30
Bibliografía	31
Anexos	34
Resultados de testeos.....	34
Grupo de dieta cetogénica (LCKD).....	34
Grupo de dieta de control (Control)	35
Encuestas de rendimiento	36

Resumen

Antecedentes: El propósito de esta investigación fue examinar los efectos de una dieta cetogénica (DC) baja en carbohidratos de 6 semanas de duración y entrenamiento de fuerza en la composición corporal y el rendimiento de los atletas de Brazilian Jiu Jitsu (BJJ).

Métodos: Dieciséis practicantes de BJJ (edades 18-40) fueron asignados aleatoriamente a un grupo Low Carb Ketogenic Diet (LCKD) (n=8) o control (CON) (n=8). LCKD recibió instrucciones de consumir una dieta ad libitum y restringir la ingesta de carbohidratos a menos de 50 gramos por día y CON mantuvo la ingesta dietética habitual. Todos los sujetos participaron en tres sesiones de entrenamiento de resistencia y Brazilian Jiu Jitsu por semana durante las 6 semanas.

Resultados: En comparación con el grupo CON, el grupo LCKD disminuyó significativamente el peso ($1,05 \pm 0,68$, $-4,46 \pm 0,97$ Kg), el porcentaje de grasa corporal (% GC) ($0,97 \pm 0,45$, $-4,01 \pm 0,62$ %) y la masa grasa (FM) ($1,02 \pm 0,55$, $-4,05 \pm 0,89$ kg), respectivamente. No hubo diferencias significativas en el cambio de masa corporal magra (LBM) entre o dentro de los grupos. No encontramos diferencias significativas en el rendimiento percibido entre los grupos; sin embargo, ambos grupos aumentaron significativamente la fuerza máxima total en sentadilla trasera ($17,50 \pm 1,89$, $18,44 \pm 1,86$ kg), press de banca ($7,63 \pm 3,45$, $7,94 \pm 2,34$) y peso muerto ($18,50 \pm 1,93$, $19,38 \pm 1,77$).

Conclusiones: Nuestros datos muestran que un LCKD combinado con 6 semanas de entrenamiento de fuerza y BJJ puede conducir a disminuciones significativas en el porcentaje de grasa corporal, masa grasa y peso mientras se mantiene la masa magra y se mejora el rendimiento.

Palabras clave

Brazilian Jiu Jitsu, cetosis, deportes con categoría de pesa, entrenamiento de fuerza.

Abstract

Background: The purpose of this research was to examine the effects of a 6-week low carb Ketogenic diet and resistance training on body composition and performance of Brazilian Jiu Jitsu athletes.

Methods: Eighteen BJJ practitioners (ages 18-40) were randomly assigned to a LCKD (n=8) or control (CON) (n=8) group. LCKD was instructed to consume an ad libitum diet and restrict carbohydrate intake to less than 50 grams per day and CON maintained usual dietary intake. All subjects participated three resistance training and Jiu Jitsu sessions per week during the 6 weeks.

Results: Compared to CON group, the LCKD group significantly decreased weight (1.05 ± 0.68 , -4.46 ± 0.97 Kg), percent body fat (% BF) (0.97 ± 0.45 , -4.01 ± 0.62 %), and fat mass (FM) (1.02 ± 0.55 , -4.05 ± 0.89 kg), respectively. There was no significant difference in lean body mass (LBM) change between or within groups. We found no significant difference in perceived performance between groups; however, both groups significantly increased total max strength in the Back Squat (17.50 ± 1.89 , 18.44 ± 1.86 Kg), Bench Press (7.63 ± 3.45 , 7.94 ± 2.34), and Deadlift. (18.50 ± 1.93 , 19.38 ± 1.77).

Conclusions: Our data show that a LCKD combined with 6 weeks of resistance training and BJJ can lead to significant decreases in body fat percentage, fat mass, and weight while maintaining lean body mass and improving performance.

Keywords

Brazilian Jiu Jitsu, Ketosis, Sports with weight categories, strength training,

Introducción

Los deportes de combate han ganado una popularidad considerable en la última década. El Brazilian Jiu Jitsu se encuentra entre los deportes que más han resaltado dentro de este grupo, particularmente debido al éxito de los atletas en las competencias de artes marciales mixtas (MMA). Se puede asegurar que se encuentra en una posición destacada en el escenario de los deportes de combate.

Debido a la ausencia de un solo órgano de gobierno para la competencia de BJJ a nivel mundial, las reglas pueden variar entre torneos. En general, cada lucha tiene una duración de 5 a 10 minutos y algunos torneos permiten un poco más de tiempo para los competidores avanzados. Los atletas se dividen según el sexo, la edad, el peso y el nivel de habilidad. Se llevan a cabo divisiones separadas para aquellos que compiten con un gi (chaqueta, cinturón y pantalones) y sin el gi (camiseta/lycra y pantalones cortos o calza). Por lo general, los torneos se organizan en formato de eliminación simple, de modo que, para ganar, el atleta puede tener varias luchas con un descanso de 5 a 15 minutos entre ellos.

Se otorgan puntos por derribos y por lograr varias posiciones de control en el *Tatami*. Si se asegura una sumisión o estrangulamiento y un luchador se ve obligado a rendirse, entonces el otro luchador gana de inmediato. En caso de que nadie finalice, el ganador es el atleta con más puntos al final de la lucha. Los empates se tratan de manera diferente en los diferentes torneos. A veces los jueces desempatarán con un sistema de ventajas para dar el combate al competidor que fue más agresivo o técnicamente más sólido, y en otros casos, hay un tiempo extra.

Debido a la naturaleza competitiva del Brazilian Jiu Jitsu, y la presencia de categorías de peso, los atletas buscan obtener la mayor ventaja posible en relación a su estado físico, normalmente con el deseo de perder peso y aumentar el rendimiento.

Un enfoque popular para la pérdida de peso que ha ganado reconocimiento en los últimos años es la dieta cetogénica baja en carbohidratos. Esta dieta se clasifica por una disminución de carbohidratos con un aumento posterior en las proporciones de grasas y proteínas en la dieta. La reducción de carbohidratos, generalmente por debajo de 50 gramos por día, permite un cambio del metabolismo de la glucosa al basado en grasas, el cual produce cuerpos cetónicos. Se ha demostrado que la formación de cuerpos cetónicos, también conocida como cetogénesis, ayuda en el tratamiento de varias enfermedades, como la epilepsia pediátrica refractaria, las enfermedades cardiovasculares, la diabetes tipo 2 y la obesidad. Además, las dietas cetogénicas se reconocen como uno de los tratamientos más efectivos para mejorar el peso corporal, la composición corporal, los niveles de lípidos séricos en ayunas y la tolerabilidad de la dieta, especialmente en comparación con las dietas bajas en grasas.

Aunque la diversa bibliografía científica indica que el seguimiento de una LCKD tiene muchos beneficios, ha habido mucha controversia en torno a su relación con el rendimiento del ejercicio. Si bien hay escasez de literatura acerca de esta relación puntual, algunos estudios han informado resultados favorables en la reducción del peso y la grasa corporales cuando se sigue una dieta cetogénica y se adhiere a un protocolo de entrenamiento de fuerza. Hasta la fecha, no se han publicado investigaciones que respalden cambios en la composición corporal o el rendimiento en respuesta al entrenamiento de BJJ, mientras se adhiere a una dieta cetogénica. El propósito de este estudio es determinar si, bajo un mismo régimen de entrenamiento de fuerza, hay diferencias significativas en rendimiento deportivo y composición corporal entre una dieta cetogénica y una dieta convencional alta en carbohidratos en el plazo de 6 semanas.

Justificación

Dado que se considera que en los deportes de lucha se utilizan todas las vías metabólicas, y por tal se tienen que entrenar las diferentes manifestaciones de la fuerza y el estudio de estas, este estudio busca realizar un aporte a la aplicación práctica de la bioenergética, en el ámbito de los deportes de combate.

Al analizar las diferentes circunstancias en las que los sistemas energéticos en los deportistas de lucha de rendimiento deportivo están presentes, se pueden entender mejor las demandas de esta disciplina, facilitando la evaluación de la adaptación fisiológica a la alimentación, tanto para entrenadores como atletas, teniendo repercusiones en una mejor intervención en los planes de entrenamiento periodizados, buscando una optimización en el rendimiento deportivo orientado a la competición.

Problema

Determinar la estrategia nutricional ideal para un competidor de Brazilian Jiu Jitsu, ya que, tanto en el ámbito amateur como profesional, los atletas presentan problemas para encontrar la máxima relación peso-rendimiento al momento de la competencia, conllevando esto a prácticas peligrosas como la deshidratación o la malnutrición, las cuales reducen el rendimiento deportivo y aumentan el riesgo de lesión.

Pregunta de investigación

¿Hay diferencias significativas entre el uso de una dieta tradicional (alta en carbohidratos) en relación con el uso de una dieta cetogénica (o baja en carbohidratos) a nivel de composición corporal y rendimiento deportivo para los atletas de Brazilian Jiu Jitsu?

Objetivos

- Determinar si hay diferencias significativas en las distintas manifestaciones de la fuerza en relación con su tipo de alimentación, específicamente entre una dieta cetogénica y una dieta convencional alta en carbohidratos, en atletas amateur de Brazilian Jiu Jitsu.
- Analizar si hay diferencias en la composición corporal (principalmente porcentaje de masa magra y porcentaje de masa grasa) en los grupos de atletas en relación con la cantidad de carbohidratos que presentan en su ingesta nutricional.
- Investigar si existe una relación entre el tipo de alimentación, en particular una dieta cetogénica comparada con una dieta convencional alta en carbohidratos, y la percepción del esfuerzo del atleta durante un combate simulado.

Marco teórico

Brazilian Jiu Jitsu

Aproximación histórica

El Ju-Jutsu se cree que tiene sus orígenes en India durante los siglos V y VI A.C. Monjes budistas, preocupados por su propia defensa desarrollan estas técnicas basándose en los principios del equilibrio, el conocimiento del cuerpo y sus límites articulares y evitando el uso de armas. Este “arte de defensa”, denominada *Vajramashti*, estaba basada en técnicas no agresivas, sino más bien defensivas, que buscaban neutralizar las acciones de los atacantes para ser coherentes con sus dogmas religiosos, los cuales promovían una vida pacífica. El Vajramashti se extiende junto con el budismo en su expansión desde la India a lo largo del continente asiático, y se fue ramificando, dando origen a varios estilos de lucha oriundos de diversas zonas. De esta forma, fue llevado a China, primer país en tener contacto con él y posteriormente a Japón, donde encontró las condiciones culturales para evolucionar y desarrollarse técnicamente. En la época feudal (1000-1500 d.C.), nace la figura de los samuráis. Los señores feudales preocupados por su protección utilizaban a estos guerreros para que se encargaran de su defensa. Los samuráis portaban espadas y combatían hasta la muerte protegiendo a sus señores, por lo que aparece la necesidad de desarrollar técnicas que pudiesen ser utilizadas cuando perdiesen la espada en el desarrollo del combate. El Ju-Jutsu (*arte suave*, del japonés “Ju” suave y “Jitsu” arte) surge, por tanto, como método de defensa cuerpo a cuerpo desarrollado por estos guerreros samuráis. Con el fin de la era feudal en Japón, la restauración Meiji (1868), trajo la civilización occidental y la modernización del país. Jigoro Kano, pedagogo muy interesado por los deportes y conocedor de varias escuelas de Ju-Jutsu, logra sistematizar las técnicas de este arte marcial japonés y crear el Judo (el *camino de la suavidad*, de “Ju” suave/suavidad y “do” camino) en 1889 (Gurgel, 2006; Villamon, 1997).

En 1914, el profesor Mitsuyo Maeda (Conde Koma) alumno de Jigoro Kano, experto en Judo y Ju-Jutsu, llega a Brasil y enseña las técnicas aprendidas de Japón a Carlos Gracie. Helio Gracie, hermano de Carlos, aprende este tipo de lucha y modifica las técnicas existentes adaptándolas a su biotipo delgado y pequeño, con el objetivo de que fueran lo más eficientes posibles. Así, los hermanos Gracie son los creadores e impulsores de lo que se conoce hoy en día como Brazilian Jiu Jitsu (BJJ) (Gracie & Gracie, 2000).

En el BJJ predominan las técnicas de lucha cuerpo a cuerpo sobre la imposición de la fuerza muscular, promueve la idea de que alguien más pequeño y débil puede defenderse con éxito contra alguien más pesado y fuerte utilizando las técnicas adecuadas. El objetivo es llevar al oponente al suelo, de tal forma que se priorizan el uso de los principios biomecánicos, como el momento de fuerza o la distribución de masas, intentando anular al oponente optimizando el uso de la fuerza aplicada. Para conseguirlo se utilizan técnicas de control como inmovilizaciones, y técnicas de sumisión cuya finalidad es que el adversario se rinda mediante la utilización de luxaciones y estrangulaciones. Si bien estas técnicas eran originariamente utilizadas como método de defensa, se presenta una vertiente deportiva de las mismas con relación a la difusión de las MMA (Mixed Martial Arts o artes marciales mixtas), ya que en este tipo de competencias se demostraba fehacientemente la eficacia de las técnicas de lucha en el piso, en relación con otras artes marciales.

Actualmente, el BJJ deportivo es una modalidad de lucha en la que se utiliza un uniforme o *gi*, cuyo objetivo es proyectar o conseguir llevar al adversario al suelo; una vez allí, se busca el control de este a través de diferentes técnicas de inmovilización, estrangulación y palancas articulares. En caso de ausencia de finalización o sumisión, al término de la lucha se declara el vencedor por el número de puntos conquistados (Díaz Lara, 2015).

En cuanto a los cinturones y categorías de peso, en adulto existen 5 cinturones: blanco, azul, morado, marrón y negro. La duración de una lucha en un campeonato oficial (IBJJF) oscila entre 5 minutos de los cinturones blancos hasta 10 minutos para los cinturones negros. Existen 9 categorías de peso: Absoluto (sin límite de peso) Ultra pesado (+100, 5 kg). Superpesado (-100.5 kg). Pesado (-94,3 kg). Medio pesado (-88,3 kg). Medio (-82,3 Kg). Leve (-76 kg). Pluma (-70 kg). Pena (-64 kg). Gallo (-57 kg). Todos estos pesos incluyen el *gi*, traje o *kimono*.

Brazilian Jiu Jitsu y rendimiento deportivo

Es menester para una correcta planificación del entrenamiento de un atleta el conocer la condición física y fisiológica del mismo. Por tal, es importante identificar las variables específicas del deporte en cuestión, para poder marcar un punto de comparación con el rendimiento esperado del luchador. Una vez identificadas las variables, Balsalobre-Fernández (2015) propone optimizar el proceso de entrenamiento mediante la cuantificación de sus cargas, y su relación con el estado de forma, la fatiga y el rendimiento de los deportistas.

Composición corporal en el Brazilian JiuJitsu

Debido a la existencia de categorías de peso, el conocimiento y control de la composición corporal del atleta tiene una importancia vital en el deporte de combate. Encontramos en la literatura dos estudios que analizan la composición corporal de los atletas de BJJ. El resumen de ambos es que los atletas de BJJ tienen un componente mesomórfico predominante, bajos porcentajes de grasa, similares a otros deportes de combate como la lucha libre olímpica y el judo (Andreato et al., 2012a; Del Vecchio et al., 2007).

La búsqueda del peso de competición puede llegar a afectar a los deportistas tanto en la práctica de sus entrenamientos precompetitivos, como en la propia competición. Una investigación de 2009 investigo a 120 atletas de BJJ (14 mujeres y 106 hombres) en el período precompetitivo e identifico que el 29% de ellos hacía algún tipo de reducción de grasa y pérdida de peso en este período. (Brito, Souza, y Roa, 2009)

Estas reducciones de peso a menudo llevan implícitas una restricción de líquidos o deshidratación. Estos métodos pueden influir negativamente en el deportista y afectan directamente a su rendimiento, más cuanto mayor es el porcentaje de deshidratación (Andreato et al., 2012a; Da silveira, 2006). Judelson et al. (2007) indican con relación a la deshidratación, que la disminución de un 3-4 % del peso corporal puede reducir aspectos tan fundamentales en los ~~de~~ de combate, como la fuerza muscular en un 2%, la potencia en un 3% y la resistencia muscular durante esfuerzos máximos (30-120 s.) en torno a un 10%.

Un estudio de Cerqueira et al. (2022) plantea la estructuración de la composición corporal en función de su experiencia o nivel. Se midió el porcentaje de grasa corporal de distintos atletas de nivel estatal, nacional e internacional, y como resultado se obtuvo la siguiente clasificación: <7,7 % (muy bajo); ≥7,7-11,5 % (bajo); 11,6-17,0 % (medio); 17,1-24,0 % (alto) y ≥24,1 % (muy alto). Los atletas de nivel estatal tenían un porcentaje de grasa corporal más alto respecto a los atletas de nivel nacional e internacional ($p < 0.05$).

Díaz Lara (2015), habla de una adecuada planificación de la relación entre el peso de competición y el peso de entrenamiento y marcan una serie de pautas que el luchador/a debería tener en cuenta:

- En primer lugar, un estudio antropométrico del deportista tras el mesociclo introductorio de la etapa básica de entrenamiento para eliminar la grasa hasta reducirla a un 10% del peso corporal.
- Controlar al atleta al finalizar el ciclo de mejora de la fuerza dinámica máxima vía hipertrofia para comprobar que con ese 10% el/la deportista aún está dentro del peso de competición
- Hacer que el/la deportista no rebase en ningún caso durante el ciclo de entrenamiento el 5% de su peso de competición.
- Cuatro semanas antes del objetivo final de competición establecer un programa de reducción de peso sin influir en los estados de hidratación para que no exista pérdida de fuerza inducido por ésta.

Las expresiones de fuerza en el Brazilian Jiu Jitsu

La fuerza es considerada una de las capacidades más determinantes en aquellos deportes de lucha en los que predomina el agarre, tales como el Judo, la lucha libre olímpica o el BJJ. Los atletas de élite de este tipo de deportes necesitan unos extraordinarios valores de fuerza y potencia muscular, tanto en el tren superior como en el inferior. Además, se le otorga una importancia especial, a manifestaciones de la fuerza que tienen un alto grado de especificidad en este grupo de deportes, como son la fuerza isométrica máxima y la resistencia de fuerza en la musculatura de los antebrazos (Díaz Lara, 2015).

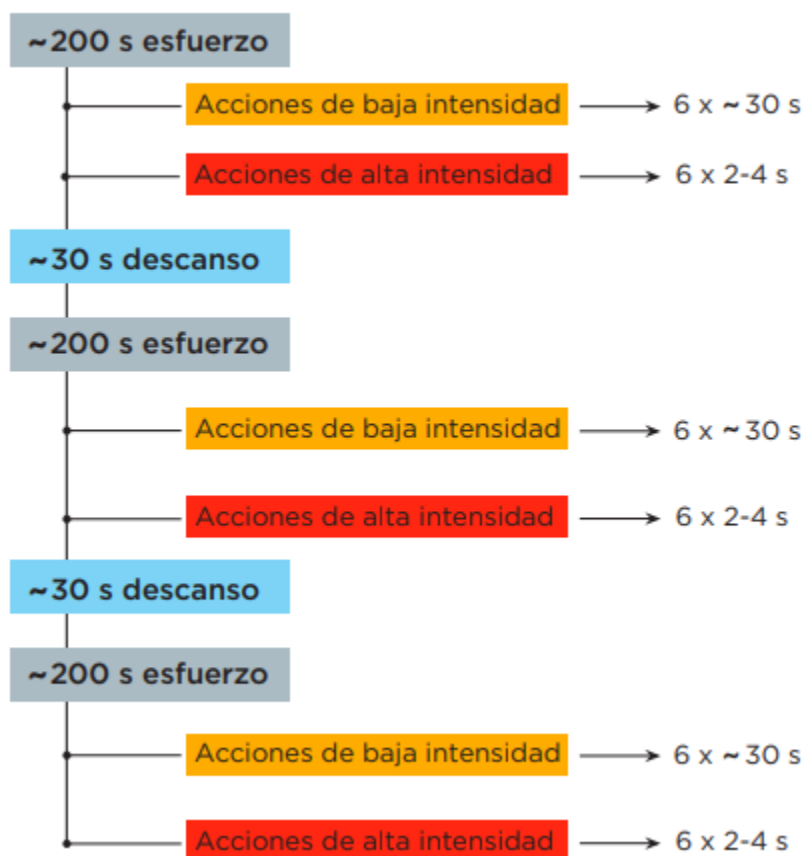
Fuerza máxima

La fuerza dinámica máxima en BJJ, es protagonista principal durante el trabajo de suelo, es esencial, por ejemplo, para escapar con éxito de posiciones prácticamente encajadas como una inmovilización. Cuando un luchador se encuentra en una posición de desventaja, tumbado en decúbito supino frente a un adversario que se encuentra por encima utilizando todo el peso de su cuerpo, con la intención de inmovilizarlo para evitar que no se escape (ej. posición de norte-sur, 100 kg, y rodilla en panza), es de suma importancia la aplicación de esta manifestación máxima de la fuerza, realizada a través de la abducción horizontal del hombro y la extensión del codo para lograr salir de esa posición de desventaja. Esta acción es biomecánicamente muy similar a la realizada en el ejercicio de press de banca. Además, el trabajo de press de banca ~~es~~ de manera directa la realización de técnicas de proyección y estrangulación, tan comunes en este deporte (Costa, Santos, Prestes, Silva, & Knackfuss, 2009; Ratamess, 1998). Por lo tanto, podemos interpretar que el ejercicio de press de banca tiene una gran especificidad, validez y utilidad para evaluar la fuerza dinámica máxima del tren superior, tanto en el entrenamiento como en la investigación aplicada al BJJ.

Potencia

Varios autores han sugerido, que los momentos/acciones decisivos/as que determinan el resultado de una lucha en BJJ (proyecciones, pases de guardia, raspados etc.) requieren de fuerza explosiva y potencia (Andreato et al., 2013; da Silva et al., 2014b; Del Vecchio et al., 2007). Andreato et al proponen un desglose de un combate simulado de 10 minutos, en el cual se puede observar que el combate se resuelve en entre 36 y 72 segundos (6% y 12% del tiempo total del combate), producto de los gestos técnicos antes mencionados.

10 min. de combate



Desglose de la estructura temporal, tomando como referencia combates simulados de 10 min de duración. Adaptado de Díaz Lara, 2015.

En cuanto a la potencia de los brazos o miembros superiores, Da Silva et al. (2014) analizan a 28 atletas de BJJ (24.8 ± 5.7 años), dividiéndolos en dos grupos elite y no elite. Estos autores utilizan el test de press de banca lanzado, como una herramienta útil que les permite, como hemos comentado anteriormente, discriminar entre ambos grupos con relación a su fuerza máxima (ej. 1RM). Además, esta investigación, aporta una información novedosa y útil, ya que sugieren que la carga óptima (% de 1 RM) para desarrollar la máxima potencia en press de banca lanzado está en $\sim 42\%$ de 1 RM en atletas de BJJ.

Bajo nuestro conocimiento, no existe ningún artículo de investigación que analice la potencia de los miembros inferiores en atletas de BJJ, a pesar de que los continuos desplazamientos sobre el tatami, y los ataques realizados a la máxima velocidad tanto en pie como en suelo, intentando conseguir una posición de ventaja, pueden requerir de elevados valores de potencia en los miembros inferiores, y además como hemos comentado anteriormente, las acciones decisivas de la lucha requieren de esta manifestación de la fuerza.

Según una revisión hecha por Díaz Lara en 2015, varios autores sugieren que en Judo y lucha libre olímpica el estudio de la potencia de los miembros inferiores mediante movimientos balísticos y explosivos como los realizados en un salto vertical, pueden aportar información muy interesante sobre los patrones neuromusculares adoptados. Además, los test de salto vertical (ej. CMJ) sirven para discriminar niveles de entrenamiento, e incluso estatus deportivo en judokas y luchadores olímpicos. Por otra parte, en los deportes de agarre las acciones de potencia de los miembros inferiores no se producen de manera aislada sino que se repiten en el tiempo, por lo que la interacción entre la fatiga metabólica y la potencia también ha sido analizada; No se encontraron diferencias significativas entre 8 judokas que realizaron un CMJ antes y después de un combate, debido a que las acciones explosivas ocurren intermitentemente durante un combate, y con tiempo suficiente de recuperación para que no se produzca fatiga en la potencia de los miembros inferiores. Similarmente Bonitch-Dominguez et al. (2010), encuentran que sucesivos combates de Judo (4 combates de 5 min.) no tienen efecto en el pico de potencia en un salto.

El modelo de alimentación cetogénica

Aproximación histórica

La dieta cetogénica (DC) es un enfoque nutricional que consiste en un alto contenido de grasas y proteína adecuado, pero niveles insuficientes de carbohidratos para las necesidades metabólicas (5% de la ingesta total de energía diaria), lo que obliga al cuerpo a principalmente para utilizar la grasa como fuente de combustible. La DC original se diseñó con una proporción de lípidos: no lípidos de 4:1, con un 80 % de la ingesta diaria de energía procedente de grasas, un 15 % de proteínas y un 5 % de carbohidratos. Posteriormente, se introdujeron muchas modificaciones a la DC original, por ejemplo, la reducción de la proporción de lípidos: no lípidos o la ausencia de restricciones en la ingesta diaria de energía (en kilojulios) con proteínas y grasas *ab libitum*. El principal conocimiento sobre los aspectos metabólicos de la DC proviene de los estudios pioneros sobre ayuno del grupo Cahill; de hecho, el ayuno (ingerir cantidades mínimas o nulas de alimentos y bebidas calóricas durante períodos que generalmente oscilan entre 12 hs y 3 semanas) induce un estado metabólico particular llamado cetosis (Paoli, 2015).

El ayuno de Ramadán es un modelo interesante para el ayuno intermitente, pero es demasiado breve para inducir la cetosis; en cambio, un buen modelo para la cetosis prolongada es el caso Inuit, en el que la expedición Schwatka informó sobre el primer ayuno bien documentado. El teniente Frederick Schwatka se graduó de West Point y Bellevue Hospital Medical College y fue el líder de una expedición que se dispuso a encontrar la "Expedición Franklin" de la Marina Real desaparecida. En junio de 1878, cuando la goleta Eothen zarpó de Nueva York, Schwatka y los demás participantes (incluido Henry Gilder, un reportero científico del New York Herald) establecieron un campamento base de invierno cerca de Daly Bay. La primavera siguiente, acompañados por 12 inuit (indígenas circumpolares), comenzaron un viaje en trineo de más de 5000 km y finalmente regresaron a Camp Daly el 4 de marzo de 1880, casi 1 año después. En cuanto a las cuestiones fisiológicas, cabe destacar que, una vez terminado el avituallamiento inicial, la única fuente de alimentación de la expedición era la caza y la pesca, ya que no había otras fuentes de abastecimiento a lo largo de su ruta. El teniente Schwatka informó en su diario esta frase citada con frecuencia: "Cuando uno se aboca de lleno a una dieta basada en carne de reno, parece inapropiada para nutrir apropiadamente al organismo, y hay una aparente debilidad e inhabilidad para realizar viajes severos y exhaustivos. Pero esto pronto pasa en el transcurso de unas dos a tres semanas". Esta es la primera descripción documentada de la llamada cetoadaptación.

Años más tarde, un antropólogo llamado Vilhajalmur Stefansson se dispuso a viajar por el continente ártico para estudiar la lengua y la cultura Inuit. Durante sus viajes, Stefansson experimentó consigo mismo con la dieta típica de los Inuit, que constaba de un 80 % a un 85 % de energía procedente de grasas y de un 15 % a un 20 % de proteínas, y no notó ningún problema. Presionado por la controversia suscitada por sus informes, Stefansson accedió a recrear la dieta inuit bajo la supervisión científica del Dr. DuBois en el Hospital Bellavue. Confirmó sus observaciones anteriores de que la adopción de una dieta rica en grasas y proteínas no presentaba ningún impedimento ni signos de deterioro o deficiencia nutricional.

Sin embargo, después de estos informes anteriores, el estudio de DC parece haberse hundido en el olvido hasta la década de 1920, cuando experimentó un "renacimiento" como terapia para la epilepsia. El interés en contra disminuyó con la introducción de la terapia farmacéutica para la epilepsia, pero se ha vuelto a despertar recientemente debido a los graves efectos secundarios de los tratamientos farmacológicos. También se ha

reevaluado su utilidad en otras patologías como la obesidad, síndrome de ovario poliquístico, cáncer, diabetes, enfermedades neurológicas y otras. En años más recientes, la DC se ha estudiado principalmente desde el punto de vista de la pérdida de peso/grasa. Curiosamente, hasta ahora, solo unos pocos estudios han investigado la relación entre DC y el rendimiento deportivo. Hay dos posibles aplicaciones principales de DC en el deporte: una es la reducción de peso más intuitiva para deportes divididos en categorías de peso y la segunda es la posibilidad de una influencia positiva de DC en el rendimiento de resistencia.

Efectos de la dieta cetogénica sobre la grasa y el peso corporal

La evidencia que apoya el uso de la DC para perder peso es innegablemente sólida, pero los mecanismos reales por los que es eficaz siguen siendo fuente de cierto debate. Se han propuesto varias hipótesis, y según una la “cetosis fisiológica” puede ser un proceso “caro” que conduce a un “desperdicio de energía” en comparación con otro tipo de dietas y por lo tanto a una pérdida de peso más efectiva. Los cambios bioquímicos que ocurren durante una DC pueden dar algunas pistas para respaldar la hipótesis "costosa" para la pérdida de peso. El metabolismo del cerebro requiere alrededor de 10 g de glucosa d-1; en la fase inicial de la DC, alrededor del 16% de la glucosa proviene del glicerol (liberado por hidrólisis de triglicéridos) y la mayor parte (60-65 g) de las proteínas a través de la gluconeogénesis (las proteínas pueden ser de origen dietético o endógeno). La gluconeogénesis es intensa en energía y se ha calculado que consume de 330 a 360 kJ d-1. Si bien el uso de aminoácidos tisulares como fuente de glucosa es importante en los primeros días de ayuno, su importancia disminuye gradualmente; además, el suministro de proteína consumido durante una DC "conserva", como se demostró, la masa corporal magra. La importancia del glicerol como fuente de glucosa aumenta progresivamente durante la cetosis; de hecho, el glicerol pasa de aportar el 16% de la glucosa total a una media del 60% tras muchos días (97 d) de ayuno completo. Sin embargo, no hay evidencia directa que respalde la teoría y, de hecho, por el contrario, según un estudio (Paoli, 2012), es posible que no haya cambios en el gasto de energía en reposo durante o después de una DC. Otra posibilidad es que el aumento de la pérdida de peso sea causado por la supresión del apetito como resultado del mayor efecto de saciedad de las proteínas, y esto también puede implicar cambios en los niveles de las hormonas del apetito y/o una acción directa de supresión del apetito de los propios cuerpos cetónicos. Además, a largo plazo, la mejora en la oxidación de grasas reflejada por una disminución de la tasa respiratoria puede explicar de alguna manera la mayor pérdida de grasa en DC.

Las posibles razones de la eficacia de la DC para la pérdida de peso se pueden enumerar a continuación, en orden de evidencia, la más fuerte primero:

1. Reducción del apetito: saciedad proteica, efectos sobre las hormonas relacionadas con el apetito, como la grelina, y posiblemente una especie de bloqueo directo del apetito.
2. Lipogénesis reducida y aumento de la oxidación de grasas
3. Una reducción en el cociente respiratorio puede indicar una mayor eficiencia metabólica en la oxidación de grasas
4. Un efecto térmico de las proteínas y mayor uso de energía por gluconeogénesis

Dieta cetogénica y deportes

Aunque todavía hay muchas preocupaciones sobre el uso de DC en los deportes, algunos hallazgos alentadores sobre DC y el rendimiento subrayan la necesidad de una comprensión profunda de sus mecanismos de acción para fines deportivos. Basándonos en investigaciones previas sobre la DC en la pérdida de peso, las enfermedades neurológicas y, en general, sobre las condiciones relacionadas con la salud, podemos proponer algunos campos de acción interesantes de la DC en el deporte. Es un tipo de dieta que parece tener varias ventajas sobre otros tipos de dietas extremas de restricción energética "choque" y estas últimas, incluso si se utilizan durante unos pocos días, pueden crear situaciones de desnutrición de nutrientes esenciales (vitaminas, minerales, ácidos grasos esenciales y aminoácidos), así como privar el organismo de otros macronutrientes que ayudan a controlar el estrés oxidativo y los procesos inflamatorios. Una DC energéticamente suficiente con una cantidad adecuada de proteínas (mínimo 1.3Y1.5 g kg⁻¹ de peso corporal) no es una dieta "extrema" aparte de los niveles muy bajos de carbohidratos (G20 g carbohidratos d⁻¹) y, como tal, no conduce a desequilibrios metabólicos que pueden tener efectos irreversibles si se repiten regularmente dietas de pérdida de peso deficientes en nutrientes.

Dieta cetogénica y control del Peso

Son muchas las motivaciones que llevan a los atletas a desear perder peso: mejorar la relación potencia-peso, competir en una categoría de peso más favorable o, en el caso de una actividad como el culturismo, lograr una delgadez extrema que sea altamente deseable por razones estéticas. Desafortunadamente, muchos métodos comunes que los atletas usan para reducir el peso también pueden tener algunos efectos secundarios negativos que pueden tener un efecto perjudicial en el rendimiento deportivo real. Por supuesto, estos se llevan a cabo inmediatamente antes de la competencia y con las consecuencias esperadas como la reducción del rendimiento, la debilidad, etc. Estos métodos tampoco son favorables para la salud personal ya que alteran el equilibrio electrolítico e hídrico, las reservas de glucógeno, la masa corporal magra y, en el caso de los medicamentos, incluso pueden ser ilegales. También se utilizan enfoques nutricionales extremadamente bajos en energía, y esta restricción de energía puede conducir a la pérdida de masa corporal magra y también puede afectar el rendimiento como se ve con la deshidratación. La práctica de la pérdida rápida de peso (Rapid weight loss) en deportes dependientes del peso no debe subestimarse. Una revisión de Franchini (2012) y colaboradores mostró que la pérdida de peso rápida tiene una alta prevalencia en los practicantes de deportes de combate como los luchadores y los judokas (60% Y 90%).

Brito et al. (2012) reportaron un porcentaje similar en atletas de judo (62,8%), jujitsu (56,8%), kárate (70,8%) y taekwondo (63,3%).

Hay varios efectos generalmente dañinos en el rendimiento como resultado de una ingesta de energía tan restringida, así como efectos dañinos de métodos específicos como la deshidratación usando sauna o diuréticos. Además del aumento de los riesgos de problemas de salud a largo plazo, también existe un mayor riesgo de aumento de peso y obesidad en la mediana edad; además, la pérdida de peso rápida puede reducir el rendimiento muscular y aumentar el daño muscular. La deshidratación puede afectar el rendimiento aeróbico con un volumen plasmático y sanguíneo reducido, incluso si la cantidad real de pérdida de líquido necesaria para tener algunos efectos significativos en el rendimiento de resistencia no está tan clara. La restricción

energética severa a menudo significa una reducción de la ingesta de proteínas (así como de otros nutrientes esenciales) que, considerando las mayores necesidades de los atletas, podría inducir la pérdida de masa muscular esquelética y, en consecuencia, el deterioro del rendimiento fuerza/potencia/resistencia.

Dieta cetogénica y masa muscular

A diferencia de la restricción energética severa, una dieta cetogénica proporciona cantidades adecuadas de energía y proteínas a los atletas, evitando la deficiencia de proteínas, pero, al mismo tiempo, al inducir un estado "similar al ayuno", conduce a procesos en vías y metabólicos como la autofagia y la resistencia al estrés

Un estudio de 2017 evidencio que 6 semanas de alimentación baja en carbohidratos no produjo un descenso en la masa muscular en atletas de crossfit, en comparación con una dieta ad libitum (Gregory et al, 2017). A su vez, Valenzuela et al. obtuvo resultados similares en su revisión, avocando que, si bien la dieta cetogénica es una excelente herramienta para disminuir el tejido adiposo en atletas, no es la opción ideal si el sujeto desea aumentar su masa magra (Valenzuela et al. 2021).

Entonces, mientras que DC puede ser útil en el rendimiento de resistencia, como se muestra más adelante, es un oxímoron cuando el atleta busca la hipertrofia muscular.

Dieta cetogénica y fuerza

Los efectos de breves períodos de DC en el rendimiento de fuerza y potencia merecen mucha atención. Como se mencionó anteriormente, para los atletas que compiten en deportes de categoría de peso, un método seguro de pérdida de peso que no perjudique el rendimiento puede ser una herramienta legítima e importante. Paoli et al. (2012) demostraron que, en comparación con una dieta ad libitum estándar, una dieta cetogénica de 30 días no afectó negativamente el rendimiento explosivo y de fuerza en un grupo de gimnastas de alto nivel. Cabe destacar que, debido a la intensa actividad física de los deportistas de competición, existe una mayor demanda de proteína, y esto se reflejó en la DC administrada en el estudio, que aportó aproximadamente 2,8 g de proteína por kilogramo de peso corporal. Este es un punto fundamental: una ingesta insuficiente de proteínas podría afectar negativamente al rendimiento. Sin embargo, incluso con esta cantidad de proteína, los atletas mostraron una disminución de la grasa corporal y un mantenimiento de la masa muscular como resultado del bien documentado "efecto de preservación muscular", que ocurre después de unos días de cetosis.

En la fase temprana del ayuno, el SNC se mantiene abastecido con glucosa para obtener energía a través de la gluconeogénesis, un proceso de descomposición del tejido muscular en precursores de aminoácidos. Claramente, esta es solo una medida temporal, ya que la pérdida de masa muscular no es compatible ni con un rendimiento óptimo ni con una supervivencia a largo plazo. Para evitar esto, los KB se producen en niveles más altos y proporcionan una fuente de energía basada en grasas, una alternativa que respeta el tejido muscular. Como se mencionó anteriormente y vale la pena repetirlo aquí, las vías que conducen a una mayor utilización de la grasa corporal tienen algunas características comunes con aquellas que contribuyen a la falta de aumento de la masa muscular, pero que normalmente no implican pérdida muscular ni disminución del rendimiento muscular.

Durante un estado cetósico, el uso de cuerpos cetónicos y ácidos grasos libres para obtener energía ralentiza el catabolismo de las proteínas musculares, pero no lo detiene, por lo que generalmente se conserva la masa corporal magra. Los procesos detrás de este mecanismo no se comprenden bien, pero el "efecto ahorrador" mencionado anteriormente del uso de ácidos grasos libres como fuente de energía podría tener un papel fundamental en el mismo. Además, el aumento relativo de la absorción de aminoácidos en la dieta, en particular, la leucina, tiene un efecto bien conocido en la síntesis de proteínas a través de la vía de señalización mTOR, y se ha propuesto que es un factor clave para la preservación de la masa corporal magra durante la dieta cetogénica (Paoli, 2015).

Con respecto a los resultados "en el campo", Rhyu y Cho demostraron recientemente que 3 semanas de DC mejoraron la capacidad aeróbica y la capacidad de resistencia a la fatiga (ejerciendo también efectos positivos sobre la respuesta inflamatoria) en atletas de taekwondo. Además, la bibliografía sugiere que una dieta cetogénica de 30 días no afecta la producción de potencia en las gimnastas; por lo tanto, podría ser útil para que los atletas de potencia cumplan con las categorías de peso mientras mantienen la producción de potencia (Paoli et al, 2012).

Metodología

Tipo de investigación:

Descriptiva – Explicativa - Aplicada

Nivel de investigación:

Descriptivo

Método específico:

Experimental

Este estudio controlado aleatorizado investigó los efectos de una dieta cetogénica de 6 semanas en atletas de Brazilian Jiu Jitsu, miembros de Beleza Dojo de 21 a 40 años de edad. Los sujetos fueron asignados al azar para seguir una dieta cetogénica o mantener una ingesta dietética normal mientras participaban en tres entrenamientos de preparación física y 3 clases de Brazilian Jiu Jitsu por semana durante 6 semanas. Se midió la composición corporal por medio de una antropometría y se testeó el 1RM y la altura máxima de salto para evaluar las mediciones de referencia para todos los sujetos. El cumplimiento del entrenamiento se monitoreó a través de procedimientos de registro obligatorios en la academia Beleza Dojo. Después de completar el estudio, todos los sujetos fueron evaluados utilizando las mismas medidas previas a la prueba.

Población y muestreo:

Los sujetos eran hombres de todos los niveles de condición física, reclutados y entrenados en una academia de Brazilian Jiu Jitsu (Beleza Dojo, Quilmes, Buenos Aires). Los criterios de inclusión fueron los siguientes: tener entre 18 y 40 años y ser miembro activo de Beleza Dojo durante al menos seis meses antes del inicio del reclutamiento. El reclutamiento de sujetos se realizó en julio 2021. Los sujetos fueron reclutados por interacción directa con su coach/entrenador. Las personas interesadas en participar fueron seleccionadas para ver si cumplían con los criterios mínimos para ingresar al estudio. Ninguno de los sujetos presentaba lesiones actuales o condiciones de salud que podrían haber afectado el rendimiento de entrenamiento o ponerlos en riesgo de sufrir más lesiones. Además, los sujetos que tomaban suplementos para mejorar el rendimiento (creatina, cafeína, proteína en polvo, productos para aumentar de peso, termogénicos, etc.) debían suspender el consumo al menos 7 días antes de la prueba inicial y continuar durante el resto del estudio. Los sujetos interesados debían firmar un consentimiento.

La muestra constara de 16 atletas, 4 por cada categoría de peso (hasta 70 kg, hasta 80 kg, hasta 90 kg, hasta 100 kg); De esos 4 atletas, dos con una alimentación alta en carbohidratos, y dos con una alimentación cetogénica (baja en carbohidratos).

Instrumentos de medición:

Variable a medir	Instrumento
Porcentaje de grasa corporal, masa magra, masa grasa.	Antropometría
Repetición máxima de ejercicios	Test de 1RM
Cantidad máximas de repeticiones de ejercicios al fallo (75% peso corporal)	Testeo directo
Salto en alto	Vertec
Salto en largo	Metro
Desempeño en combate simulado (cualitativo)	Encuesta

Procedimientos

Pruebas iniciales

La recopilación de datos durante la semana inicial y posterior al estudio incluyó una prueba de fuerza máxima, una prueba de rendimiento de potencia y datos clínicos y antropométricos. Tanto las pruebas de fuerza y potencia como la obtención de datos antropométricos se realizaron en la academia Beleza Dojo.

Las pruebas de potencia y rendimiento se realizaron durante el mismo día, con una separación de 2 horas entre una y otra. Se indicó a los sujetos que llegaran al gimnasio 30 minutos antes de la hora de la prueba y que no entrenaran durante al menos 24 horas. A su llegada, el investigador explicó los procedimientos y protocolos de prueba y demostró cada una de ellas. Se instruyó a los sujetos para que calentaran participando en un trote de 400 metros, 10 sentadillas con el peso del cuerpo y 10 flexiones de brazo seguidas de un protocolo estándar de estiramiento dinámico/estático. Los testeos iniciales se realizaron antes de la asignación de grupos. Los sujetos estaban cegados a todos los resultados de las pruebas hasta el final del estudio.

Cada atleta, por separado, participó en una prueba de salto vertical de pie para evaluar la potencia. La prueba de salto vertical se realizó con un Vertec de pared estándar y se expresó en centímetros. Cada sujeto midió su alcance de pie, calzado, en el Vertec. Se instruyó a los sujetos para que se pararan con ambos pies apoyados en el piso con las piernas y el torso rectos. Los sujetos levantaron el brazo derecho recto y con los dedos extendidos tocaron el punto más alto de la veleta. Antes del salto medido, los sujetos podían flexionar libremente las extremidades inferiores, así como preparar las extremidades superiores para un salto hacia arriba repentino, en un esfuerzo por promover el salto vertical más alto posible. Luego, el sujeto realizó un salto vertical máximo y tocó la veleta más alta. La altura de salto fue la diferencia entre

los dos puntos marcados en el Vertec. Todos los sujetos saltaron tres veces, con un intervalo de 90 segundos entre los saltos y solo se consideró el salto más alto.

La prueba de salto de longitud de pie se realizó en el suelo del gimnasio utilizando una cinta métrica estándar para el registro y se expresó en centímetros. Los sujetos se pararon detrás de una línea (marcada con 0 centímetros) con los pies paralelos y separados aproximadamente al ancho de los hombros. Se utilizó un despegue y aterrizaje con dos pies, con balanceo de los brazos y flexión de las rodillas para proporcionar fuerza hacia adelante. Cada sujeto intentó saltar lo más lejos posible, con medidas tomadas desde la línea de salida hasta la parte posterior de los talones. Todos los sujetos saltaron tres veces, con un intervalo de 90 segundos entre los saltos y solo se consideró el salto más largo.

El testeo de fuerza máxima se realizó siguiendo un procedimiento estándar, y consistió en realizar series de aproximación hasta alcanzar la repetición máxima del atleta en los ejercicios de sentadillas, peso muerto, y press de pecho plano. A su vez, se midió la cantidad máxima de repeticiones que el atleta podía realizar con el 75% de su peso corporal (redondeado hacia arriba, con exactitud de medio kilo). Cada sujeto fue evaluado de forma individual por el investigador, para asegurar una correcta ejecución técnica y brindar apoyo.

Las medidas de peso corporal y altura se tomaron con ropa mínima, sin zapatos, y se midieron con precisión de 0,5 kg o 0,5 cm utilizando una balanza calibrada (con medidor de bioimpedancia) y un estadiómetro. El antropometrista tomó estas medidas por duplicado y tomó el promedio de las dos. Se utilizó la bioimpedancia para la evaluación de la composición corporal e incluyó la masa grasa (FM), la masa magra (LBM) y el porcentaje de grasa corporal (% BF).

Protocolo de dieta

Los sujetos fueron asignados al azar al grupo de dieta control o dieta cetogénica para este ensayo controlado aleatorio de 6 semanas. Los sujetos tuvieron una sesión de instrucción dietética obligatoria antes del comienzo del estudio bajo la guía del nutricionista Nicolás Díaz (M.N 8599, M.P 4049), quien proporcionó instrucciones detalladas sobre cómo mantener con precisión los registros de ingesta de alimentos dietéticos. Todos los sujetos debían proporcionar un registro de tres días (dos días laborables y un fin de semana) cada dos semanas durante el estudio. Todos los datos de registro de alimentos se ingresaron y analizados por el nutricionista. El grupo de control mantuvo su ingesta dietética habitual durante todo el estudio. El grupo de dieta cetogénica recibió instrucciones de consumir una dieta libre mientras restringía la ingesta de carbohidratos a no más de 50 gramos por día (< 10% de la energía) para inducir y mantener la cetosis. Este grupo recibió una guía detallada sobre alimentos bajos en carbohidratos aceptables, así como una lista recomendada de alimentos nutritivos ricos en grasas y proteínas. Además, a los sujetos se les proporcionó un plan de comidas bajo en carbohidratos de 6 semanas, pero se les aconsejó que usaran este plan de comidas como una guía en lugar de un protocolo estricto.

Protocolo de evaluación de rendimiento

Luego de las pruebas de rendimiento, cada sujeto realizó 5 combates simulados de 5 min, llevados a cabo bajo las reglas oficiales de la IBJJF (International Brazilian Jiu-Jitsu Federation, 2021). Los combates se realizaron entre luchadores de la misma categoría de peso. Se mantuvieron los mismos oponentes a lo largo de todos los combates simulados. Al inicio de cada combate, los luchadores comenzaban en pie y si una sumisión o finalización ocurría, los atletas debían comenzar de nuevo en la posición de inicio (desde pie), de esta forma se continuaba hasta que finalizaba el tiempo establecido. Había un tiempo establecido de 10 minutos entre combates.

Después de la finalización de los test de rendimiento, se exigió a los participantes que completaran un cuestionario sobre sus respectivas sensaciones a la fuerza muscular, la resistencia y el esfuerzo percibido durante los combates. Este cuestionario incluía una escala de 1 a 10 puntos para evaluar cada ítem, los participantes fueron informados previamente que 1 punto significa una mínima cantidad de ese ítem y 10 puntos significó una cantidad máxima del ítem.

Protocolo de entrenamiento

Cada sujeto debía participar en tres sesiones de entrenamiento de preparación física por semana en la academia Beleza Dojo. Los sujetos realizarían un protocolo Stronglifts modificado para este estudio. Los sujetos entrenarían entre sí con compañeros de su misma categoría de peso. Durante cada entrenamiento, el entrenador registró los nombres de los sujetos y los respectivos pesos y los guardó para asegurar que cada individuo asistiera a tres clases por semana. Se prohibió a los sujetos realizar cualquier otra actividad física excesiva durante el estudio de 6 semanas.

Si bien el protocolo es muy útil para levantadores inexpertos, no es lo ideal para un atleta de deporte de combate con cierta experiencia en la preparación física. Por lo cual, se plantea utilizar un método Stronglifts adaptado, para mantener la simplicidad y permitir un incremento lineal de las cargas, pero permitir un mayor estímulo correlativo a las necesidades físicas del deportista.

Constará de 2 días de entrenamiento, con 3 sesiones semanales, con un día de descanso (al menos) entre cada una. La rutina consta de:

Día A		
Ejercicio	Reps	Series
Sentadilla	5	5
Press de banca	5	5
Remo con barra	5	5

Día B		
Ejercicio	Reps	Series
Sentadilla	5	5
Press militar	5	5
Peso muerto	5	5

Un ciclo de entrenamiento de dos semanas tiene el siguiente aspecto:

Semana 1

- Lunes: Día A
- Miércoles: Día B
- Viernes: Día A

Semana 2

- Lunes: Día B
- Miércoles: Día A
- Viernes: Día B

A diferencia del programa original, la carga del programa comienza con el 85% del máximo de 5 RM para cada levantamiento. Además, se aumenta la cantidad de series de peso muerto, ya que se considera que son atletas más avanzados. Finalmente, se utilizará el mismo método de incremento lineal por sesiones:

Incrementos por sesión:

Sentadilla/pecho plano/press de hombros: 1 Kg

Peso muerto/remo con barra: 2 kg

Pruebas posteriores

Los procedimientos de recopilación de datos fueron los mismos que los procedimientos de prueba de referencia. Para garantizar la confiabilidad, las medidas de potencia y las pruebas de fuerza máxima fueron completadas por el mismo investigador como referencia para cada sujeto. Además, los sujetos realizaron sus pruebas al mismo tiempo y con el mismo grupo que en la prueba previa. Los resultados de todas las pruebas se compararon con los valores de referencia del individuo y se proporcionaron a los sujetos después del análisis de datos.

Tabulación de datos

16 sujetos fueron reclutados para el estudio, todos completaron las pruebas iniciales y posteriores. No hubo diferencias significativas entre los grupos en cuanto a edad, masa corporal, masa grasa, masa corporal magra, IMC, % de grasa corporal, rendimiento o medidas de potencia al inicio del estudio. El cumplimiento los entrenamientos semanales se confirmó a través de registros de entrenamiento diarios.

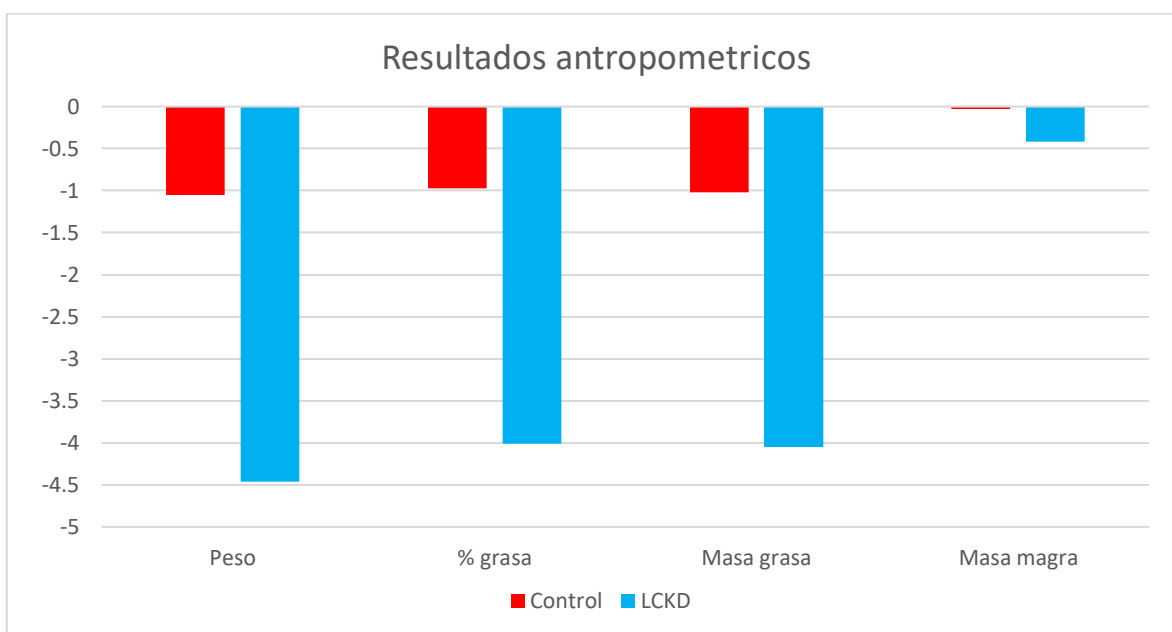
	Control (n =8)			Dieta cetogénica (n =8)		
	Pre	Post	Cambio	Pre	Post	Cambio
Composición corporal						
Peso(kg)	87.08 ± 10.78	86.03 ± 10.42	1.05 ± 0.68	88,19 ± 12.33	88.73 ± 11.72	4.46 ± 0.97
% grasa corporal (%)	17.11 ± 1.23	16.14 ± 1.22	0.97 ± 0.45	15.31 ± 1.52	11.29 ± 1.42	4.01 ± 0.62
Masa grasa (kg)	14.98 ± 2.65	13.96 ± 2.43	1.02 ± 0.55	13.58 ± 2.30	9.54 ± 2.30	4.05 ± 0.89
Masa magra (kg)	72.10 ± 8.32	72.07 ± 8.15	0.03 ± 0.20	74.60 ± 9.77	74.19 ± 9.76	0.42 ± 0.16
Potencia						
Salto vertical (cm)	39.38 ± 3.54	42.50 ± 3.07	3.13 ± 1.13	41.00 ± 3.93	44.25 ± 3.81	3.25 ± 0.71
Salto en largo (cm)	204.50 ± 4.54	208.63 ± 2.92	4.13 ± 2.30	205.25 ± 4.23	209.25 ± 3.11	4.00 ± 1.69
Fuerza máxima						
Sentadillas	137.81 ± 11.45	155.31 ± 12.99	17.50 ± 1.89	132.19 ± 15.09	150.63 ± 16.52	18.44 ± 1.86
Press banco plano	103.75 ± 15.29	111.38 ± 12.5	7.63 ± 3.45	101.88 ± 11.00	109.81 ± 10.93	7.94 ± 2.34
Peso muerto	150.31 ± 13.12	168.81 ± 14.47	18.50 ± 1.93	146.25 ± 11.26	165.63 ± 12.37	19.38 ± 1.77
Fuerza resistencia						
Sentadillas	34.75 ± 6.92	43.88 ± 6.71	9.13 ± 1.81	30.88 ± 4.88	41.13 ± 3.72	10.25 ± 4.17
Press banco plano	17.38 ± 5.76	23.75 ± 4.74	6.38 ± 3.02	15.88 ± 4.09	22.38 ± 5.10	6.50 ± 2.56
Peso muerto	40.50 ± 7.50	50.25 ± 9.47	9.75 ± 3.85	37.63 ± 4.34	48.38 ± 6.46	10.75 ± 2.92

Los valores son medias ± Desviación Estándar

Análisis

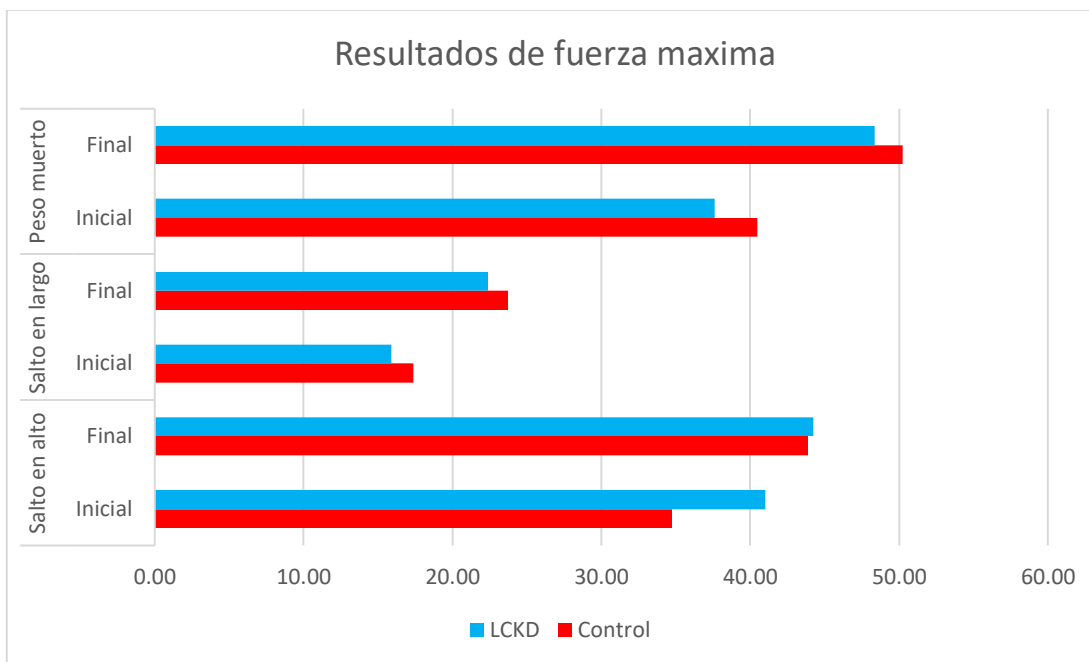
Composición corporal

Los cambios en la composición corporal después de la intervención de 6 semanas se presentan en la tabla siguiente. El grupo LCKD disminuyó significativamente el peso, el porcentaje de grasa corporal y la masa grasa en comparación con el grupo de control. No hubo diferencias significativas en el cambio de masa magra entre o dentro de los grupos. No hubo cambios significativos en ninguna de las variables de composición corporal en el grupo de control. En general, para todas las variables de composición corporal (excluyendo la masa corporal magra) hubo una tendencia a la baja en el grupo que realizó la dieta cetogénica en comparación con el grupo de control

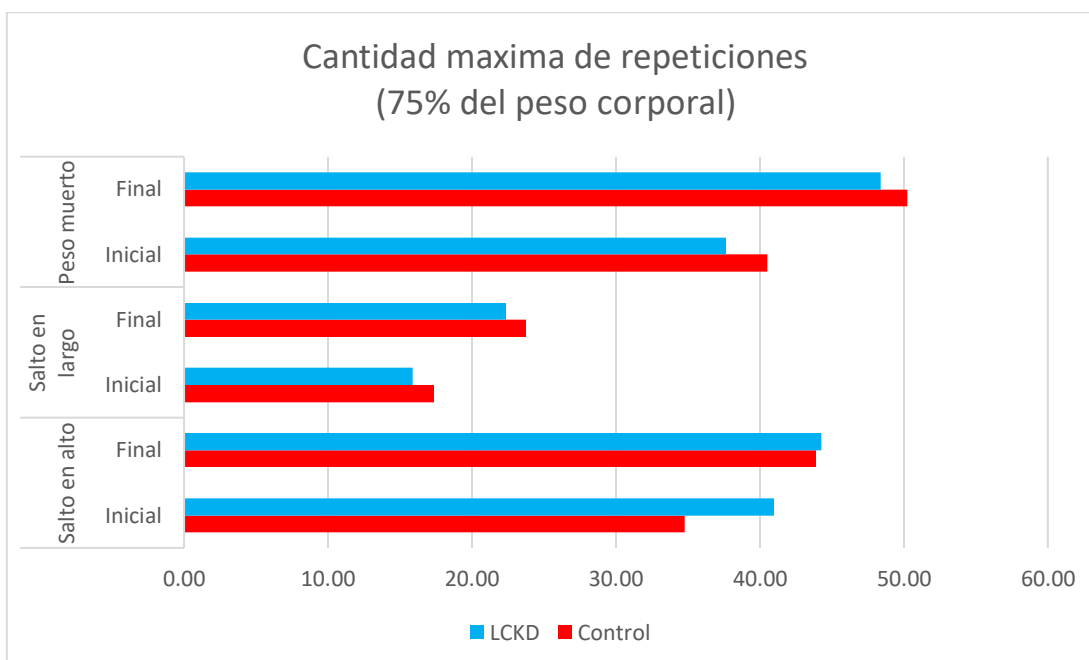


Fuerza Máxima

No se encontró diferencias significativas entre la ganancia de fuerza máxima entre el grupo CON y el grupo DC. Ambos grupos presentaron ganancias en los 1RM de los ejercicios básicos, acorde a las esperadas en el protocolo de entrenamiento.

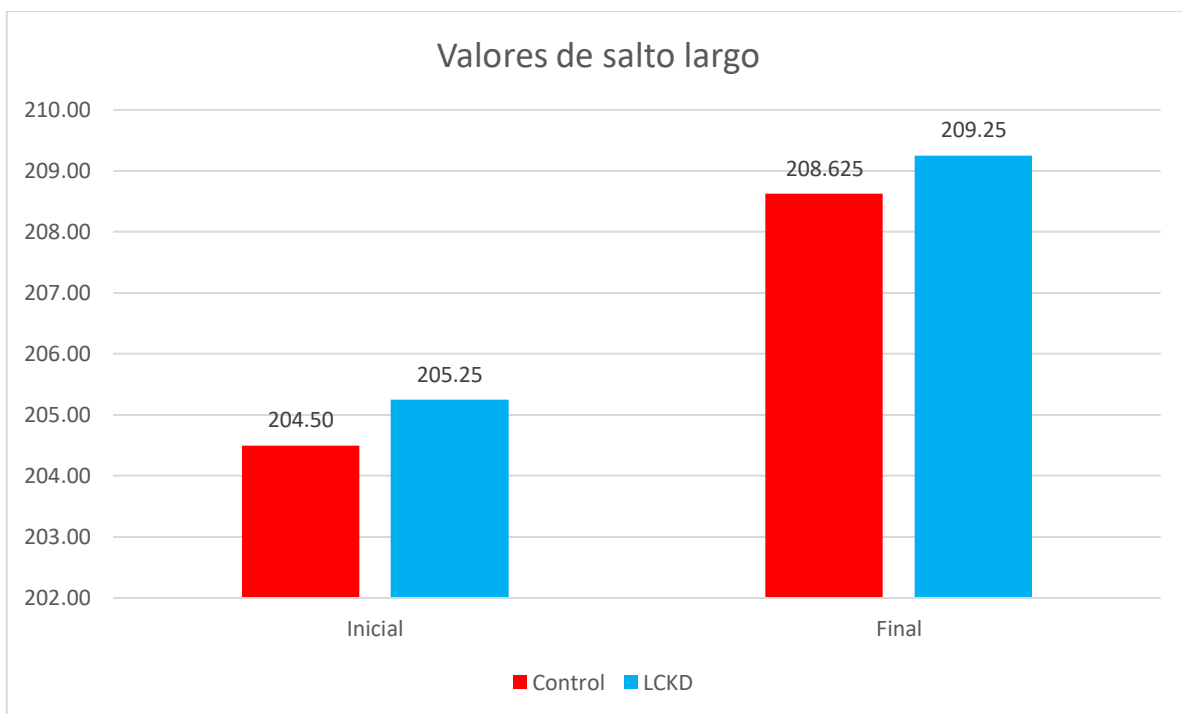
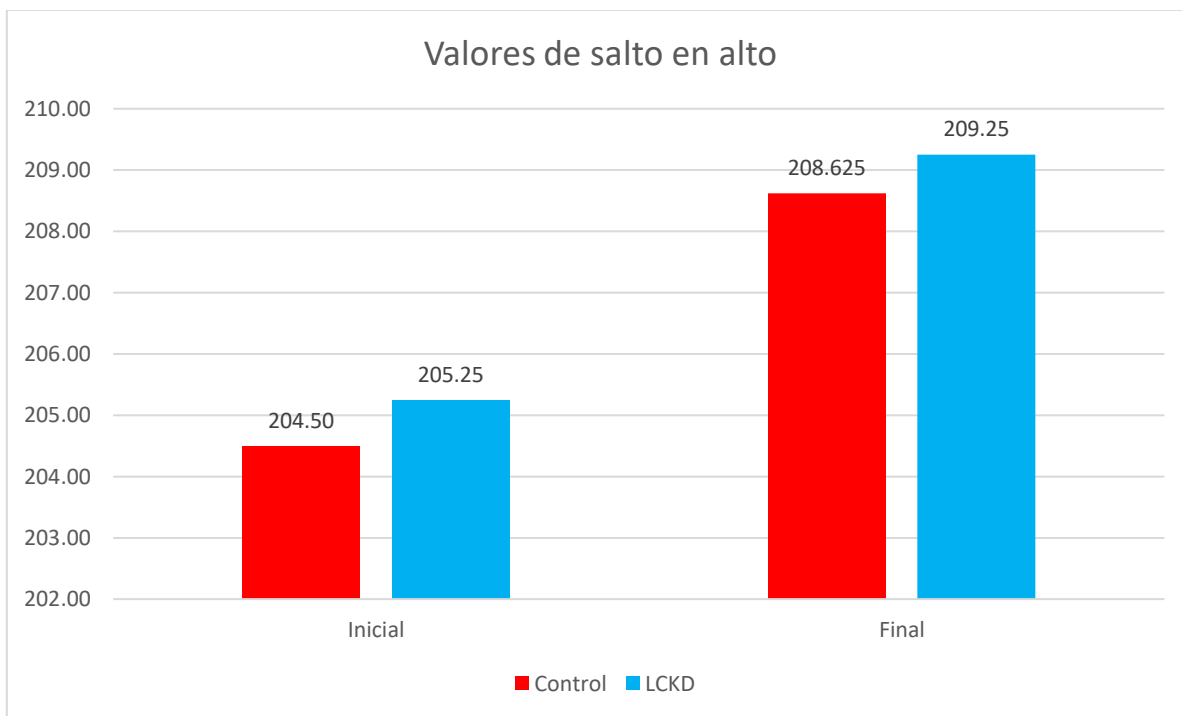


En cuanto al testeo de fuerza resistencia, ambos grupos presentaron un aumento en la cantidad máxima de repeticiones con el 75% de su peso corporal, aunque este se puede deber al aumento de la eficiencia mecánica y la práctica de los ejercicios en las sucesivas sesiones de entrenamiento.



Potencia

A su vez, ambos grupos presentaron una ganancia mínima de 3 cm en cada uno de sus altos, aunque tanto esto como el aumento de repeticiones en la prueba de fuerza-resistencia pueden deberse a un aumento de la eficiencia mecánica y/o técnica del gesto.



Rendimiento

	Percepción de la fuerza/velocidad durante los combates	Percepción de la resistencia durante los combates	Percepción de la concentración de durante los combates	Memoria a corto/largo plazo en las últimas 6 semanas	Estado anímico/humor durante las últimas 6 semanas
Grupo control	9,6	9,1	9,1	8,7	8,6
Grupo LCKD	9,2	9,2	9	8,7	8,8

Los resultados de las encuestas realizadas a los sujetos terminados los 5 rounds de sparring demuestran que ninguno de los mismos presento efectos adversos a los protocolos alimenticios presentados.

Ambos demuestran una percepción del esfuerzo/rendimiento similar, y presentan los mismos valores con respecto a la percepción de su memoria y estado anímico durante la duración del presente estudio.

Conclusiones

Hasta donde sabemos, no se ha realizado ninguna investigación sobre la composición corporal y los beneficios de rendimiento de seguir una dieta cetogénica combinada con el entrenamiento de Brazilian Jiu Jitsu (BJJ) y su correspondiente preparación física. Con el auge actual que está teniendo el deporte a nivel mundial, los atletas buscan constantemente el protocolo dietético más efectivo para inducir la pérdida de peso y grasa con el fin de optimizar su composición corporal y obtener una ventaja en su categoría.

Nuestros datos sugieren que adherirse a una dieta cetogénica durante un período de 6 semanas, junto con un programa de entrenamiento de fuerza, puede resultar en una reducción significativa del peso corporal, porcentaje de masa grasa y masa grasa total, manteniendo la masa magra. Además, se observó una mejora significativa en la fuerza máxima y la potencia general de los atletas. Este estudio reveló que los efectos de la dieta cetogénica no son perjudiciales para el rendimiento del atleta durante un combate simulado. Una vez superado el periodo de cetoadaptación, los atletas presentaron niveles de energía y percepción de fuerza estables, lo cual es crucial para mantener un rendimiento óptimo en competiciones.

Además, las encuestas realizadas a los sujetos después de los 5 rounds de sparring demostraron que ninguno de ellos presentó efectos adversos a los protocolos alimenticios. Ambos grupos mostraron una percepción del esfuerzo/rendimiento similar y valores comparables en cuanto a la memoria y estado anímico durante la duración del estudio.

Las fortalezas del presente estudio incluyen el diseño de control aleatorio, el cumplimiento del 100% de los sujetos con el número prescrito de sesiones de entrenamiento y la nula tasa de abandono. Sin embargo, también existen limitaciones, como la falta de control sobre la actividad física fuera de las sesiones de entrenamiento y el corto período de intervención de seis semanas. A pesar de estas limitaciones, los resultados obtenidos proporcionan una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en el ámbito deportivo.

En conclusión, la combinación de una dieta cetogénica y un programa de entrenamiento de fuerza puede ser una herramienta efectiva para mejorar la composición corporal y mantener o incluso mejorar el rendimiento en atletas de BJJ. Esto abre la puerta a nuevas investigaciones que podrían explorar periodos más largos de intervención y otros parámetros de rendimiento. El presente estudio establece un precedente importante para la utilización de dietas cetogénicas en deportes de combate, ofreciendo una estrategia viable para la optimización del rendimiento y la salud de los atletas.

Bibliografía

Andreato, L. V., Franchini, E., Franzoi de Moraes, S. M., & Del Conti Esteves, J. V. (2012). Morphological profile of Brazilian jiu-jitsu elite athletes. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 18(1), 46-50.

Balsalobre-Fernández, C. (2015). *Monitorización y estudio de las relaciones entre la carga de entrenamiento, la producción de fuerza, la fatiga y el nivel de rendimiento en corredores de alto nivel* [Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid].

Bonitch-Dominguez, J. (2006). *Evolución de la fuerza muscular del tren superior en sucesivos combates de judo* [Tesis doctoral, Universidad de Granada, España].

Brinkworth, G. D., Noakes, M., Clifton, P. M., & Buckley, J. D. (2009). Effects of a low carbohydrate weight loss diet on exercise capacity and tolerance in obese subjects. *Obesity*. <https://doi.org/10.1038/oby.2008.559>

Brito, C. J., Souza, E. R., & Roa, F. C. M. (2009). Prevalência de estratégias de rápida redução de massa corporal em lutadores de Jiu-Jítsu. Paper presented at the *Anais do XVI Congresso Brasileiro de Ciências do Esporte e III Congresso Internacional de Ciências do Esporte*, Salvador de Bahía, Brasil.

Brito, C. J., Roas, A. F., Brito, I. S., Marins, J. C., Córdova, C., & Franchini, E. (2012). Methods of body-mass reduction by combat sport athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 22(2), 89-97. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.22.2.89>

Costa, E. C., Santos, C. M., Prestes, J., Silva, J. B., & Knackfuss, M. I. (2009). Efeito agudo do alongamento estático no desempenho de força de atletas de jiu-jítsu no supino horizontal. *Fit Performance Journal*, 8(3), 212-217.

Cerqueira, B. de S., Cerqueira, M. B., Ferreira, W. C., de-Oliveira, F. M., Andreato, L. V., dos-Santos-Junior, R. B., Valdés-Badilla, P., & Branco, B. H. M. (2022). Proposal of a normative table for classification of body fat percentage in Brazilian Jiu-Jitsu athletes. *International Journal of Morphology*, 40(1), 57-61. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022022000100057>

Da Silva, B. V., Simim, M. A., Marocolo, M., Franchini, E., & da Mota, G. R. (2014). Optimal load for the peak power and maximal strength of the upper body in Brazilian Jiu-jitsu athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*.

Del Vecchio, F. B., Bianchi, S., Hirata, S. M., & Chacon-Mikamil, M. P. T. (2007). Análise morfo-funcional de praticantes de Brazilian jiu-jitsu e estudo da temporalidade e da quantificação das ações motoras na modalidade. *Movimento & Percepção*, 5(4), 263-281.

Díaz Lara, F. J. (2015). *Aspectos físicos y fisiológicos determinantes en Brazilian Jiu-Jitsu y la utilización de la cafeína como ayuda ergogénica* [Tesis doctoral no publicada]. Universidad de Castilla - La Mancha.

Gibson, A. A., Seimon, R. V., Lee, C. M., Ayre, J., Franklin, J., Markovic, T. P., Caterson, I. D., & Sainsbury, A. (2014). Do ketogenic diets really suppress appetite? A systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, 16(1), 64-76. <https://doi.org/10.1111/obr.12230>

Gracie, R., & Gracie, C. (2000). *Brazilian Jiu-Jitsu: Theory and Technique*. With Kid Peligro. Montpelier, VT: Invisible Cities Press.

Gregory, R. M. (2017). A low-carbohydrate ketogenic diet combined with 6-Weeks of Crossfit training improves body composition and performance. *International Journal of Sports and Exercise Medicine*, 3(2). <https://doi.org/10.23937/2469-5718/1510054>

Gurgel, F. (2006). *Manual de Jiu-Jitsu* (Vol. II). Tatame.

Halyburton, A. K., Brinkworth, G. D., Wilson, C. J., Noakes, M., Buckley, J. D., Keogh, J. B., & Clifton, P. M. (2007). Low- and high-carbohydrate weight-loss diets have similar effects on mood but not cognitive performance. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 86(3), 580-587. <https://doi.org/10.1093/ajcn/86.3.580>

IBJJF Rulebook. (2022, January 1). *IBJJF | International Brazilian Jiu-Jitsu Federation*. https://ibjjf.com/rails/active_storage/blobs/eyJfcmFpbHMiOnsibWVzc2FnZSI6IkJBaHBBCDhlliwiZXhwIjpudWxsLCJwdXliOiJibG9iX2lkIn19--6ebf72f88a1cd7d92ecda7e3b000282d1e1c9b1d/EN_IBJJF_RulesBook_MAR2022.pdf

Jabekk, P. T., Moe, I. A., Meen, H. D., Tomten, S. E., & Høstmark, A. T. (2010). Resistance training in overweight women on a ketogenic diet conserved lean body mass while reducing body fat. *Nutrition & Metabolism*, 7(1), 17. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-7-17>

Judelson, D. A., Maresh, C. M., Anderson, J. M., Armstrong, L. E., Casa, D. J., Kraemer, W. J., & Volek, J. S. (2007). Hydration and muscular performance. *Sports Medicine*, 37(10), 907-921. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737100-00006>

Manninen, A. H. (2004). Metabolic effects of the very-low-carbohydrate diets: Misunderstood "villains" of human metabolism. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 1(2). <https://doi.org/10.1186/1550-2783-1-2-7>

Owen, O. E., Felig, P., Morgan, A. P., Wahren, J., & Cahill, G. F. (1969). Liver and kidney metabolism during prolonged starvation. *Journal of Clinical Investigation*, 48(3), 574-583. <https://doi.org/10.1172/jci106016>

Owen, O. E., Morgan, A. P., Kemp, H. G., Sullivan, J. M., Herrera, M. G., & Cahill, G. F. (1967). Brain metabolism during fasting. *Journal of Clinical Investigation*, 46(10), 1589-1595. <https://doi.org/10.1172/jci105650>

Paoli, A., Bianco, A., & Grimaldi, K. A. (2015). The ketogenic diet and sport. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 43(3), 153-162. <https://doi.org/10.1249/jes.0000000000000050>

Paoli, A., Bianco, A., Grimaldi, K., Lodi, A., & Bosco, G. (2013). Long term successful weight loss with a combination biphasic ketogenic Mediterranean diet and Mediterranean diet maintenance protocol. *Nutrients*, 5(12), 5205-5217. <https://doi.org/10.3390/nu5125205>

Paoli, A., Cenci, L., & Grimaldi, K. A. (2011). Effect of ketogenic Mediterranean diet with phytoextracts and low carbohydrates/high-protein meals on weight, cardiovascular risk factors, body composition and diet compliance in Italian council employees. *Nutrition Journal*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/1475-2891-10-112>

Paoli, A., Grimaldi, K., Bianco, A., Lodi, A., Cenci, L., & Parmagnani, A. (2012). Medium term effects of a ketogenic diet and a Mediterranean diet on resting energy expenditure and respiratory ratio. *BMC Proceedings*, 6(S3). <https://doi.org/10.1186/1753-6561-6-s3-p37>

Paoli, A., Grimaldi, K., D'Agostino, D., Cenci, L., Moro, T., Bianco, A., & Palma, A. (2012). Ketogenic diet does not affect strength performance in elite artistic gymnasts. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/1550-2783-9-34>

Ratamess, N. A. (1998). Weight training for jiu jitsu. *Strength & Conditioning Journal*, 20(5), 8-15.

Ratamess, N. A. (2011). Strength and conditioning for grappling sports. *Strength & Conditioning Journal*, 33(9), 35-44.

Rhyu, H., & Cho, S. (2014). The effect of weight loss by ketogenic diet on the body composition, performance-related physical fitness factors and cytokines of Taekwondo athletes. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 10(5), 326-331. <https://doi.org/10.12965/jer.140160>

Valenzuela, P. L., Castillo-García, A., Lucia, A., & Naclerio, F. (2021). Effects of combining a ketogenic diet with resistance training on body composition, strength, and mechanical power in trained individuals: A narrative review. *Nutrients*, 13(9), 3083. <https://doi.org/10.3390/nu13093083>

Villamon, M. (1997). Aproximación histórico-filosófica a las raíces del Judo. Paper presented at the *El judo y las ciencias de la educación física y el deporte*, Vitoria.

Anexos

Resultados de testeos

Grupo de dieta cetogénica (LCKD)

	Antropométricas						Repetición máxima								
N°	Peso			% Grasa			Sentadillas			Pecho plano			Peso muerto		
	I	F	Chg	I	F	Chg	I	F	Chg	I	F	Chg	I	F	Chg
1	73,2	69,5	3,7	14,88%	10,95%	3,93%	110	125	15	90	97,5	7,5	130	150	20
2	72,1	68,3	3,8	14,02%	9,98%	4,04%	110	127,5	17,5	100	110	10	140	157,5	17,5
5	83,1	78,8	4,3	16,32%	12,09%	4,23%	130	150	20	90	100	10	145	162,5	17,5
6	85,2	80,1	5,1	15,31%	10,60%	4,71%	132,5	150	17,5	95	101	6	145	165	20
9	90,2	87,3	2,9	13,10%	10,41%	2,69%	140	157,5	17,5	100	110	10	150	170	20
10	93,2	88,4	4,8	14,75%	10,45%	4,30%	145	165	20	105	110	5	145	165	20
13	105	99,1	5,9	16,00%	11,49%	4,51%	140	160	20	115	120	5	145	162,5	17,5
14	103,5	98,3	5,2	18,06%	14,38%	3,68%	150	170	20	120	130	10	170	192,5	22,5

	Máx reps (standard)									Potencia					
N°	Sentadillas			Pecho plano			Peso muerto			Salto en alto			Salto en largo		
	I	F	Chg	I	F	Chg	I	F	Chg	I	F	Chg	I	F	Chg
1	22	42	20	15	26	11	40	55	15	42	45	3	207	211	4
2	31	43	12	25	33	8	40	55	15	43	47	4	210	214	4
5	36	45	9	12	20	8	40	52	12	45	47	2	207	210	3
6	36	45	9	13	20	7	42	52	10	41	44	3	204	207	3
9	32	40	8	14	19	5	36	45	9	43	47	4	206	210	4
10	34	42	8	15	19	4	37	45	8	44	47	3	208	211	3
13	26	34	8	15	18	3	28	36	8	34	37	3	196	204	8
14	30	38	8	18	24	6	38	47	9	36	40	4	204	207	3

Grupo de dieta de control (Control)

	Antropométricas						Repetición máxima								
N°	Peso			% Grasa			Sentadillas			Pecho plano			Peso muerto		
	I	F	Chg	I	F	Chg	I	F	Chg	I	F	Chg	I	F	Chg
3	71,6	70,9	0,7	15,48%	14,22%	1,26%	120	135	15	90	100	10	135	152,5	17,5
4	73	72	1	16,24%	15,02%	1,22%	122,5	137,5	15	75	90	15	135	150	15
7	85,3	84,9	0,4	16,40%	15,91%	0,49%	150	167,5	17,5	110	115	5	170	190	20
8	84,3	83,5	0,8	17,36%	16,45%	0,91%	140	160	20	100	107,5	7,5	152,5	170	17,5
11	91,6	91	0,6	17,20%	16,75%	0,45%	145	162,5	17,5	110	115	5	150	167,5	17,5
12	91,1	89,9	1,2	19,03%	18,20%	0,83%	140	157,5	17,5	110	117,5	7,5	155	175	20
15	98,7	97,6	1,1	16,50%	15,69%	0,81%	150	170	20	125	130	5	165	185,5	20,5
16	101	98,4	2,6	18,70%	16,88%	1,82%	135	152,5	17,5	110	116	6	140	160	20

	Máx reps (standard)									Potencia					
N°	Sentadillas			Pecho plano			Peso muerto			Salto en alto			Salto en largo		
	I	F	Chg	I	F	Chg	I	F	Chg	I	F	Chg	I	F	Chg
3	35	48	13	21	28	7	40	56	16	42	44	2	209	212	3
4	40	49	9	9	22	13	45	55	10	42	45	3	207	212	5
7	45	53	8	28	33	5	50	65	15	44	46	2	205	210	5
8	40	48	8	20	24	4	48	55	7	39	43	4	204	208	4
11	35	42	7	15	20	5	39	44	5	39	44	5	207	209	2
12	31	40	9	14	22	8	39	47	8	40	42	2	205	208	3
15	28	38	10	18	23	5	37	46	9	36	39	3	205	207	2
16	24	33	9	14	18	4	26	34	8	33	37	4	194	203	9

Encuestas de rendimiento

¿A qué grupo perteneció?	Valora tu percepción de la fuerza/velocidad durante los combates	Valora tu percepción de la resistencia durante los combates	Valora tu percepción de la concentración de durante los combates	Valora tu memoria a corto/largo plazo en las últimas 6 semanas	Valora tu estado anímico/humor durante las últimas 6 semanas
Dieta cetogénica (LCKD)	9	8	9	8	10
Dieta cetogénica (LCKD)	10	9	10	9	9
Dieta cetogénica (LCKD)	8	9	9	9	9
Dieta cetogénica (LCKD)	9	7	8	8	8
Dieta cetogénica (LCKD)	9	10	10	9	8
Dieta cetogénica (LCKD)	10	10	9	9	8
Dieta cetogénica (LCKD)	9	10	8	9	9
Dieta cetogénica (LCKD)	10	9	9	8	8
Dieta cetogénica (LCKD)	9	10	9	9	10
Dieta cetogénica (LCKD)	9	10	9	9	9
Dieta control (Control)	10	9	9	8	9
Dieta control (Control)	9	8	9	8	9
Dieta control (Control)	9	10	9	9	9
Dieta control (Control)	10	9	9	9	8
Dieta control (Control)	10	10	9	9	8
Dieta control (Control)	9	8	10	9	8
Dieta control (Control)	10	9	9	9	10
Dieta control (Control)	10	9	9	9	8
Dieta control (Control)	9	9	8	8	8
Dieta control (Control)	10	10	10	9	9

