



Revisión

Cambios en la pérdida de peso y la composición corporal con dieta cetogénica y práctica de actividad física: revisión narrativa, metodológica y sistemática *Weight loss and body composition changes through ketogenic diet and physical activity: a methodological and systematic review*

Evelyn Martín-Moraleda¹, Christine Delisle², Daniel Collado-Mateo³ y Susana Aznar¹

¹Grupo de investigación PAFS. Universidad de Castilla La-Mancha. Toledo, España. ²Department of Biosciences and Nutrition. Karolinska Institutet. NOVUM. Huddinge, Sweden. ³Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Extremadura. Cáceres, España

Resumen

Introducción: la práctica de actividad física y el seguimiento de una dieta cetogénica pueden suponer un doble efecto con mejores resultados en los procesos de pérdida de peso y mejora de la composición corporal y perfil lipídico.

Objetivo: el objetivo de esta revisión fue investigar los trabajos realizados con pacientes obesos que siguen una dieta cetogénica y un programa de ejercicio físico, así como calcular el tamaño del efecto en cuanto a las mejoras en la masa grasa, a través de un metaanálisis.

Métodos: la selección de estudios se basó en los siguientes criterios: estudios experimentales; a) estudios experimentales (diseños controlados aleatorizados) y cuasi-experimentales (por ejemplo: pre-test/post-test); b) estudios con dieta baja en carbohidratos (< 30%) o muy baja en carbohidratos (5-10%) (< 50 g Ch) y/o alta en grasas (> 35%); c) se admitieron estudios exclusivamente con sujetos que padecieran sobrepeso u obesidad (IMC > 25 y/o enfermedad metabólica relacionada; y d) con mediciones de composición corporal y/o perfil lipídico al principio y al final de la intervención.

Resultados: se analizaron 7 artículos y 3 revisiones. Comparando los diferentes tipos de ejercicio se podría afirmar que destaca la disminución de masa muscular en aquellos en los que las intervenciones son con ejercicio aeróbico, manteniéndose e incluso aumentando, en los estudios donde se realizó un ejercicio de fuerza. El metaanálisis nos muestra una reducción significativa de la masa grasa con una heterogeneidad media, por lo tanto, habrá mayor reducción de masa grasa en grupos que realizan dieta baja en carbohidratos y ejercicio que en los que no realizan dieta o tan solo realizan ejercicio.

Conclusiones: la combinación de dieta cetogénica y ejercicio físico puede reducir la masa grasa en comparación con realizar solo dieta o solo ejercicio físico.

Palabras clave:

Dieta cetogénica.
Actividad física.
Resistencia. Fuerza.
Pérdida de peso.
Masa grasa.

Abstract

Introduction: practice of physical activity and the ketogenic diet monitoring can have a double effect in helping in processes of weight loss and improvement of body composition and lipid profile.

Objective: the objective of this review was to investigate the work done with obese patients who undertook a ketogenic diet and a physical exercise program, as well as to calculate the overall effect size in terms of improvements in fat mass, through a meta-analysis.

Methods: the selection of studies was based on the following criteria: experimental studies; a) experimental studies (randomized controlled designs) and quasi-experimental (e.g. pre-test/post-test); b) studies with low-carbohydrate diet (< 30%) or very low in carbohydrates (5-10%) (< 50 g Ch) and/or high in fats (> 35%); c) studies were admitted exclusively with subjects that facility overweight or obesity (BMI > 25; and d) with measurements of body composition and/or Lipid profile at the beginning and end of the intervention.

Results: for the methodological review, 7 articles and 3 reviews were analyzed. All studies, whether by establishing aerobic or strength training and show significant weight loss in all outcomes.

Conclusions: comparing different types of exercise, we could say that interventions based on endurance exercise reported a decrease in muscle mass, however there was a maintenance, and even an increase, in studies with resistance exercises. Meta-analysis showed significant results at the global level with a medium heterogeneity, therefore, there will be greater reduction of fat mass in groups that realize diets with low carbohydrates and exercise that in those who do not undertake this type of diet, and those only perform exercise.

Key words:

Ketogenic diet. Physical activity. Endurance. Resistance. Weight loss. Fat mass.

Recibido: 09/04/2019 • Aceptado: 16/06/2019

Martín-Moraleda E, Delisle C, Collado-Mateo D, Aznar S. Cambios en la pérdida de peso y la composición corporal con dieta cetogénica y práctica de actividad física: revisión narrativa, metodológica y sistemática. Nutr Hosp 2019;36(5):1196-1204

DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.02604>

Correspondencia:

Susana Aznar. Grupo de investigación PAFS.
Universidad de Castilla La-Mancha. Toledo
e-mail: susana.aznar@uclm.es

INTRODUCCIÓN

La justificación de esta revisión viene dada por el interés que están teniendo las dietas muy bajas en carbohidratos o cetogénicas para la pérdida de peso en obesidad, siendo utilizadas en programas de adelgazamiento.

Por otro lado, la relación justificada entre la dieta y el ejercicio físico aumenta el interés por investigar si los resultados obtenidos fusionando esta dieta con actividad física serán más favorables para evitar el riesgo de padecer enfermedades asociadas a la obesidad: como son diabetes tipo 2, hipertensión, hiperlipidemia, etc.

Las dietas cetogénicas pueden ser efectivas en la reducción de la masa grasa, además de mejorar los componentes lipídicos en sangre (1), pero lo más importante es que un gran número de estudios han informado sobre sus beneficios en el mantenimiento de la masa muscular. Es posible que la oxidación de ácidos grasos y el metabolismo de los cuerpos cetónicos sean capaces de proporcionar suficiente energía para compensar el decrecimiento de la disponibilidad de glucosa, ahorrando así las proteínas del músculo y manteniendo la masa magra (2).

Estas dietas, junto con los beneficios ya demostrados de la actividad física sobre las personas con sobrepeso y obesidad (3) pueden suponer un doble efecto con mejores resultados en los procesos de pérdida de peso y mejora de la composición corporal y perfil lipídico, pero hay muy poca información sobre ello.

Por lo tanto, el propósito de esta revisión sistemática será analizar el diseño, las características de la muestra y calidad metodológica de los artículos científicos que analizan cambios en la composición corporal y el perfil lipídico de aquellos sujetos obesos que se someten a dieta baja en carbohidratos junto con un protocolo de actividad física como posible método para reducir el riesgo de padecer enfermedades metabólicas asociadas.

Además, se llevó a cabo un metaanálisis para determinar el tamaño del efecto en el cambio en la composición corporal (masa grasa) entre sujetos con dieta baja en carbohidratos y ejercicio.

MÉTODO

CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

La actual revisión se llevó a cabo siguiendo las directrices del protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Guidelines) (4).

La selección de estudios científicos se basó en los siguientes criterios de inclusión: a) estudios experimentales (diseños controlados aleatorizados) y cuasi-experimentales (por ejemplo: pre-test/post-test); b) estudios con dieta baja en carbohidratos (< 30%) o muy baja en carbohidratos (5-10%) (< 50 g Ch) y/o alta en grasas (> 35%); c) se admitieron estudios exclusivamente con sujetos que padecieran sobrepeso u obesidad (IMC > 25); d) con mediciones de composición corporal y/o perfil lipídico al principio y al final de la intervención; e) estudios en los que se realiza cualquier tipo de ejercicio: resistencia o fuerza; f) artículos con sujetos que padecieran sobrepeso, obesidad y alguna enfermedad

metabólica relacionada; g) realizados en humanos; h) duración de 2 o más semanas; e i) sujetos adultos (> 18 años).

Por otro lado, como criterios de exclusión se establecieron: a) estudios científicos publicados en forma de resumen, comunicaciones cortas y/o cuyos datos no estuviesen publicados; b) estudios de caso; c) estudios sin resultados publicados; d) trabajos con dietas altas en proteínas o altas en carbohidratos; e) estudios con sujetos entrenados; f) artículos con sujetos con normopeso o IMC menor o igual a 25; y g) estudios con pacientes con otras enfermedades relacionadas habitualmente con la dieta cetogénica como son: Alzheimer, epilepsia...

ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA

La localización de artículos se realizó en las dos bases de datos informatizadas on-line más importantes en el ámbito de las Ciencias del Deporte hasta el 2017:

- *PubMed*
(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>).
- *SportsDiscus*
(<http://www.sirc.ca/products/sportsdiscus.cfm>).
- *Web of Science*
(<https://www.fecyt.es/es/recurso/web-science>).

Para la búsqueda, se utilizaron las palabras “ketogenic diet” y “low carbohydrate diet” separadas por el operador “or”. Además se añadieron una serie de palabras clave separadas de las dos anteriores pero el operador “and”. Estas palabras clave fueron ‘exercise’, ‘exercise training’, ‘aerobic’, ‘aerobic training’, ‘endurance training’, ‘training’, ‘hiit’, ‘obesity’, ‘fat’, ‘body composition’, ‘physical activity’, ‘weight loss’. Entre cada una de estas palabras clave se incluyó el operador “or”.

EXTRACCIÓN DE DATOS

Todas las variables metodológicas fueron extraídas, registradas y analizadas en todos los artículos por el mismo investigador. Aquellos artículos que no especificaron explícitamente alguna de las variables anteriores recibieron la categorización en dicha sección de “no informa”, no siendo eliminados de proceso de análisis por este hecho. Este método de extracción de datos ha sido recomendado por “Cochrane Collaboration Back Review Group” para la realización de revisiones sistemáticas (5) y utilizado previamente por numerosos autores.

SELECCIÓN DE ESTUDIOS

Debido a la escasez de estudios que combinan dieta cetogénica y práctica de actividad física, los términos de búsqueda han sido ampliados incluyendo estudios con dietas bajas en carbohidratos no tan restrictivas (10-30% CH).

Finalmente, un total de *siete artículos y tres revisiones* han cumplido los criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD METODOLÓGICA

Se empleó la escala “Physiotherapy Evidence Database (PEDro)” para analizar la calidad metodológica de todos los artículos seleccionados. La escala PEDro es una herramienta diseñada para evaluar la calidad metodológica de los diseños clínicos y empleada en numerosas revisiones bibliográficas. Esta escala utiliza la técnica de consenso Delphi.

La escala PEDro presenta un total de once ítems. El ítem 1 hace referencia a la validez externa del estudio, mientras que los ítems 2-9 hacen referencia a la validez interna, indicando los ítems 10 y 11 si la información estadística aportada por los autores permite interpretar los resultados de forma adecuada. Todos los ítems de esta lista están dicotomizados como “sí”, “no” o “no informa”. Cada ítem contestado como “sí” suma un punto, mientras que los ítems contestados como “no” o “no informa”, no reciben puntuación alguna.

Se utilizó también el sistema GRADE para clasificar la calidad de la evidencia, la cual incluye varios niveles: muy baja, baja, moderada y alta (6).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En este metaanálisis se utilizó un modelo de efectos aleatorios para el efecto de la intervención de dieta baja en carbohidratos y ejercicio sobre la masa grasa. El efecto del tratamiento se calculó como la diferencia entre el cambio del grupo de intervención con dieta baja en carbohidratos y ejercicio y el cambio del grupo con solo ejercicio o dieta. Se calculó el tamaño del efecto para cada estudio utilizando los datos de tamaños de muestra, medias y desviaciones estándar antes y después de la intervención. La magnitud del tamaño del efecto global (D de Cohen) se definió de acuerdo a la siguiente clasificación: a) “pequeña” para valores entre 0 y 0,5; b) “media” cuando estaba entre 0,5 y 0,8; c) y “grande” para valores mayores de 0,8. La heterogeneidad se evaluó calculando las siguientes estadísticas: a) p-valor del test Q de Cochran; b) H, el cual es el cuadrado de la Q dividido entre los grados de libertad; y c) I^2 , que es la transformación de la H que se utiliza para determinar el porcentaje de variación causado por la heterogeneidad. La clasificación más común de I^2 considera valores menores del 25% como heterogeneidad pequeña, valores entre el 25 y 50% como media y mayores de 50% como grande.

RESULTADOS

DISEÑO

Se seleccionaron un total de tres revisiones y siete artículos con evaluaciones antes y después de una intervención. Tres de los artículos están realizados con protocolos de ejercicio de fuerza muscular y cuatro con protocolos de resistencia aeróbica. Entre los de ejercicio aeróbico tan solo uno cuenta con dieta cetogénica (7),

los demás son dietas bajas en carbohidratos (8-10). En cuanto a los artículos encontrados con protocolos de fuerza uno es con dieta cetogénica (11), otro con dieta baja en carbohidratos (12) y el último intercalando ambas (13).

POBLACIÓN

Un total de 285 personas fueron incluidas en los diversos estudios analizados (Tabla I). Así, cuatro de los estudios utilizaron como muestras objeto de estudio a hombres y mujeres (7-9,13), un estudio incluía solo hombres (12), dos solo mujeres (10,11).

La edad de los participantes en los estudios seleccionados tiene un rango muy amplio ya que se pueden encontrar sujetos desde los 23 hasta los 68 años.

Se ha de resaltar que la distribución del IMC entre los diferentes grupos de los estudios es muy parecida, lo que da relevancia metodológica a esta revisión.

A continuación, se expone un análisis de la anterior tabla I, el objetivo es profundizar más específicamente en la metodología utilizada, ya indicada en los apartados de esta:

- En cuanto a las *herramientas de control de la dieta*, el método principal ha sido la entrevista dietética y los diarios de comidas, además de la medición de cuerpos cetónicos, estos son medidos en 5 estudios, en los otros dos restantes no se hace referencia a este parámetro. Cabe destacar que en uno de los estudios el menú se facilitó por el personal del proyecto (8). Tan solo en dos estudios se recomienda el uso de vitaminas y minerales añadidos a la dieta.
- Los *instrumentos de medición de la composición corporal* son el DXA y bioimpedancia y en aquellos que se mide el perfil lipídico se hace a través de analizadores hematológicos o análisis bioquímicos en empresas u hospitales.
- Referido a la parte de la actividad física, en los estudios en los que se establece entrenamiento aeróbico la *intervención* es de 3 días a la semana con ejercicio continuo (9,10) o intermitente (8). En los que se establece entrenamiento de fuerza la intervención es de 2 días (11) y 3 días (12,13) a la semana con aumento de las cargas utilizadas en los ejercicios.

RESULTADOS FINALES

Las revisiones muestran muchas controversias entre los estudios analizados, ya que no se puede afirmar que una dieta cetogénica sea mejor que una baja en grasas para la pérdida de peso con ejercicio. Se manifiesta que las dietas bajas en carbohidratos tienen efectos positivos acompañadas de actividad física. Con esta dieta se favorece el mantenimiento de la masa muscular activando el metabolismo de las grasas.

- *Pérdida de peso*. Todos los estudios, ya sean estableciendo entrenamiento aeróbico o de fuerza muestran una pérdida de peso significativa en todos los resultados.
- *Composición corporal*. En cuanto al parámetro de masa grasa, ha disminuido en todos los estudios mostrados.

Tabla I. Resumen del análisis de los estudios

Referencia	Objetivo	Diseño	Muestra/ duración intervención	Tipo de dieta/ intervención	Herramientas control dieta/ medición cetosis	IMC	Intervención ejercicio	Cuantificación ejercicio físico	Instrumentos medición composición corporal	Resultados: pérdida de peso (kg)	Resultados: masa grasa/ muscular	Resultados: perfil lipídico
Ejercicio de resistencia												
Walberg JL, et al. (1988)	Observar cambios en ambas dietas en: - Patrones lipídicos - Capacidad aeróbica	Quasi- experimental	Sujetos con obesidad: 12 M (23-36 años)/ 4 semanas	Baja en carbohidratos/ Dieta líquida. Semana 1, 2, 3 530 kcal ambos grupos. Semana 4 + 1000 kcal LC → 33% ch HC → 71% ch	Entrevista y medición nitrogeno/ Si	HC: 28,9 ± 35 LC: 29,9 ± 1,16	- 3 veces a la semana - Jogging (30-45 min-60% VO2max)	Tiempo hasta la extenuación, RER, VO2 max	Perfil lipídico con phosphotungstate magnesium. Colesterol y TG con Sigma chemical Company	HC: ↓ 6,7 kg LC: ↓ 8 kg RER disminuye en LC, en HC no cambios significativos		Col Tot: HC: -40,4 LC: -33,2 HDL: HC: -2,7 LC: se mantiene TG: LC: +36,1 HC: +6,4
Sartor F, et al. (2010)	Investigar si una dieta baja en carbohidratos combinada con HIT mejora los efectos beneficiosos que tiene solo la dieta en la sensibilización a la insulina y la oxidación de grasas en obesos	Quasi- experimental	Sujetos con obesidad y diabetes: -D+E: 8 M y 2 H (37 ± 10 años) -D: 6 M y 3 H (41 ± 14 años) /2 semanas	Baja en CH/ 35% ch, 50% G, 15% P - Reducción 75% energía gastada	Dieta proporcionada a los participantes por el personal del estudio / No	DE: 32 ± 4 D: 32 ± 3	- 3 veces a la semana - 10x (4 min al 90% VO2max, 2-3 min descanso)	Submáxima: RER, Máxima: VO2 max	DXA	DE: ↓ 1 kg D: ↓ 2 kg VO2max +16% en DE. RER disminuye en ambos grupos significa- tivamente	Masa grasa: DE: -1 kg D: -1 kg Masa muscular: DE: +1 kg D: -1 kg	Colesterol total: DE: -0,36 D: 0,51 LDL: DE: 0,21 D: 0,26 HDL: DE: +0,03 D: -0,08 TG: DE: -0,39 D: -0,36
Ejercicio de fuerza												
Jabekk P (2010)	Comparar los efectos de 10 semanas de entrenamiento de resistencia combinados con una dieta regular (Ex) o una dieta cetogénica (LC+Ex)	Quasi- experimental	Sujetos con sobrepeso: 16 M (20-40 años) /10 semanas	Cetogénica / - LC + Ex: 6% CH, 66% G, 22% P - Ex: 41% CH, 34% G, 17% P Kilocalorías ilimitadas	- Diario dietético / Si		- 2 días a la semana a) 8 ejercicios x 12/90 s b) 8 ejercicios x 8/90 s	La capacidad de rendimiento no se ha medido en el presente estudio	DXA	LC+EX: ↓ 5,6 kg EX: ↑ 0,8 kg	Masa grasa LC+EX: -5,6 kg EX: -0,6 Masa muscular: LC+EX: +0,1 EX: +1,6	Col total: LC + EX: 0,1 EX: -0,2 LDL LC + EX: +0,2 EX: -0,1 HDL LC + EX: -0,1 EX: 0,1 TG LC + EX: -0,3 EX: -0,1

(Continúa en la página siguiente)

Tabla I (Cont.). Resumen del análisis de los estudios

Referencia	Objetivo	Diseño	Muestra/ duración intervención	Tipo de dieta/ intervención	Herramientas control dieta/ medición cetosis	IMC	Intervención ejercicio	Cuantificación ejercicio físico	Instrumentos medición composición corporal	Resultados: pérdida de peso (kg)	Resultados: masa grasa/ muscular	Resultados: perfil lipídico
Meirelles CM & Gombes PSC (2016)	Comparar los efectos de una dieta con restricción de carbohidratos y una dieta convencional con entrenamiento de resistencia en el rendimiento de fuerza y el grosor muscular	Quasi-experimental	Sujetos con sobrepeso: 21 H y M Grupo CRD: 12 sujetos (32 ± 10 años) CONV: 9 sujetos (45 ± 10 años) / 8 semanas	CRD (< 30 g CH) Hipocalórica (-30%) Hasta 30 g al día las primeras 4 semanas e ir añadiendo 10 g hasta la última semana CONV (55 CH/15P/3G)	Indicaciones con folletos y listas de alimentos y las cantidades de ch. Entrevistas dietéticas todas las semanas	No	*3 veces a la semana *Ejercicio de fuerza: - 11 ejercicios 2 x 8-10 reps/2 min rest	Medición: Total body strength	Peso, altura, cintura cadera, pliegues - Densidad corporal: ecuación de Jackson y Pollock (1978) - Masa grasa: ecuación Siri's (1961)	CRD: -5,4% ± 3,5 CONV: -3,7 ± 3	Masa grasa: CRD: -4,7% CONV: -2,9% Masa muscular: sin cambios significativos	Col Tot: CRD: -4,6 CONV: -3,2 LDL: CRD: -2,8 CONV: -0,2 HDL: CRD: +4,4 CONV: -1
Revisiones												
		Diseño	Número de estudios incluidos									
Volek JS, VanHeest JL & Forsythe CE (2005) (14)		Revisión		Debido a la ausencia de estudios que comparen dietas con diferentes distribuciones de macronutrientes, es difícil proponer una recomendación estándar de dieta. Se deberían orientar los trabajos en estudiar los métodos para predecir las respuestas individuales a las dietas. En cuanto al ejercicio, no hay tantas controversias, el entrenamiento de fuerza está orientado para mejorar específicamente la masa corporal y la capacidad de producción de fuerza. El programa de tratamiento debe incluir un plan de mantenimiento exitoso								
Noakes T, Volek JS & Phinney SD (2014) (15)		Revisión		La adaptación a dietas bajas en carbohidratos pueden producir un efecto positivo, especialmente cuando la dieta ha sido mantenida por un extenso periodo, y la duración del ejercicio es larga								
Paoli A et al. (2015) (16)		Revisión		Obesos desentrenados con dieta cetogénica, tuvieron una media de 7,1 kg de pérdida de peso y aumentaron el tiempo de duración del entrenamiento en un 155% - La dieta cetogénica aumenta la percepción de la fatiga - Mejora oxidación de la grasa en entrenamiento de fuerza - Un periodo de dieta cetogénica no afecta adversamente la capacidad de rendimiento aeróbico y de fuerza En cuanto a ejercicio de resistencia: - Una dieta cetogénica puede ser un instrumento para mejorar el metabolismo de las grasas y la oxidación con mejoras en el rendimiento - Incremento significativo en VO2max con reducción de peso								

LC: sujetos que realizan dieta baja en carbohidratos; HC: sujetos que realizan dieta alta en carbohidratos; M: mujeres; H: hombres; VO2max: consumo de oxígeno máximo; RER: respiratory exchange ratio; Tg: triglicéridos; LDL: lípidos de baja densidad; HDL: lípidos de alta densidad; D + E: sujetos que realizan dieta + ejercicio; D: sujetos que solo realizan dieta; DXA: densitometría de rayos X; LC + EX: sujetos con dieta baja en carbohidratos y que realizan ejercicio; EX: sujetos que realizan una dieta regular y ejercicio; P: proteínas; G: grasas; CRD: sujetos que realizan dieta baja en carbohidratos; CONV: sujetos que realizan dieta convencional.

En la masa muscular, sin embargo, se encuentran más controversias, ya que en dos estudios aumentan los valores, en tres disminuyen y en uno de ellos no hay cambios.

- *Perfil lipídico*. El colesterol total es uno de los indicadores que muestran más estabilidad del perfil lipídico, disminuye en todos los estudios excepto en uno de ellos.

El LDL disminuye en dos estudios (9,13) y aumenta en otros dos (8,11).

El HDL aumenta en tres estudios (8,9,13), en otro se mantiene (10) y tan solo en uno disminuye (11).

En cuanto a los TG disminuyen en todos los estudios analizados, excepto en uno que aumentan.

La tabla II representa los resultados citados anteriormente. Se puede ver a través de flechas qué resultados mejoran, cuáles empeoran, en qué variables se puede decir que hay resultados significativos y en cuáles no se puede establecer una conclusión debido a resultados muy dispares. En general, puede apreciarse una gran variedad en los resultados en los diferentes estudios.

Calidad metodológica

La calidad metodológica, como se ha referido anteriormente, se ha analizado a través de la escala PEDro. Los resultados han oscilado a una media de 7 sobre 11, por lo que la calidad metodológica presenta un nivel medio-alto.

En este sentido, los estudios con una mayor calidad metodológica proporcionarán una mejor evidencia científica sobre qué parámetros de la dieta son más adecuados para la mejora del riesgo cardiovascular en personas con sobrepeso u obesidad. El estudio con la mejor

calidad metodológica es el de Brinkworgth y cols. (7). En el punto opuesto se encuentra el de Meirelles y Gomes (13) con la menor puntuación, un 5 sobre 11. En la tabla III se muestran las puntuaciones.

Con respecto al sistema GRADE, se partió de una calidad de la evidencia bajo debido a que se incluyeron estudios que no eran ensayos controlados aleatorizados. Además, la calidad de la evidencia se bajó una vez debido a la potencial inconsistencia o imprecisión, evidenciada por una heterogeneidad media y una muestra relativamente pequeña. Por lo tanto, la calidad de la evidencia final fue muy baja, lo cual implica que el efecto verdadero muy probablemente sea diferente al estimado y refleja una necesidad de un mayor número de estudios de calidad (ensayos controlados aleatorizados) para mejorar la evidencia.

Estudio de metaanálisis en la pérdida de masa grasa

Del total de estudios analizados se recogieron solo aquellos que analizaron pérdida de masa grasa y el efecto de la dieta baja en carbohidratos con o sin práctica de ejercicio. Un total de cuatro estudios (7,11-13) de los seleccionados para la revisión sistemática fueron incluidos en el metaanálisis (Fig. 1). El metaanálisis incluyó aquellos artículos que incluían datos de media y desviación estándar antes y después de la intervención de dieta baja en carbohidratos y ejercicio. Por lo tanto, fueron excluidos los que no tenían datos suficientes para calcular el tamaño del efecto. Del mismo modo, se excluyó el artículo de Sartory cols. (2010) (8) debido a que su grupo control también realizaba una dieta baja en carbohidratos sin ejercicio.

Tabla II. Tabla gráfica del resumen de resultados

	Pérdida de peso	Masa magra	Masa muscular	Colesterol total	LDL	HDL	TG
Walberg JL, et al (1988)	↓			↓		=	↑
Brinkworth GD, et al. (2009)	↓	↓	↓				
Sartory F, et al. (2010)	DE ↓ D ↓↓	DE ↓ D ↓	DE ↑ D ↓	DE ↑ D ↓	DE ↑ D ↑	DE ↑ D ↓	DE ↓ D ↓
Tay J, et al. (2015)	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓
Jabekk P, (2010)	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↓
Wood RJ, et al. (2012)	↓	↓	↓				
Meirelles CM & Gombes PSC (2016)	↓	↓	=	↓	↓	↑	

D: realización solo de dieta cetogénica;DE: realización de dieta + ejercicio.

Tabla III. Análisis de la calidad metodológica de los estudios finalmente seleccionados (n = 7)

Estudio	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Puntuación
Sartor F, et al. (2010)	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	7
Walberg JL, et al. (1988)	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	7
Brinkworth GD, et al. (2009)	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	8
Tay J, et al. (2015)	+	+	-	+	-	-	+	-	+	+	+	7
Jabekk PT, et al. (2010)	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	7
Wood RJ, et al. (2012)	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	8
Meirelles CM y Gomes PSC (2016)	+	-	-	?	-	-	-	+	+	+	+	5

Los números de las columnas corresponden con los siguientes ítems de la escala PEDro. Criterios de elegibilidad fueron especificados (no se cuenta para el total). Sujetos fueron ubicados aleatoriamente en grupos. La asignación a los grupos fue encubierta. Los grupos tuvieron una línea de base similar en el indicador de pronóstico más importante. Hubo cegamiento para todos los grupos. Hubo cegamiento para todos los terapeutas que administraron la intervención. Hubo cegamiento de todos los asesores que midieron al menos un resultado clave. Las mediciones de al menos un resultado clave fueron obtenidas en más del 85% de los sujetos inicialmente ubicados en los grupos. Todos los sujetos medidos en los resultados recibieron el tratamiento o condición de control tal como se les asignó, o sino fue este el caso, los datos de al menos uno de los resultados clave fueron analizados con intención de tratar. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron reportados en al menos un resultado clave. El estadístico provee puntos y mediciones de variabilidad para al menos un resultado clave. La puntuación final estuvo determinada por la suma de los ítems que cumplen los criterios establecidos, con la salvedad de que el ítem número 1 no se tuvo en consideración. + indica que el ítem se cumplió claramente, - indica que el ítem no se cumplió, ¿? indica que no está claro si el ítem se cumplió o no, en cualquier caso no suma.

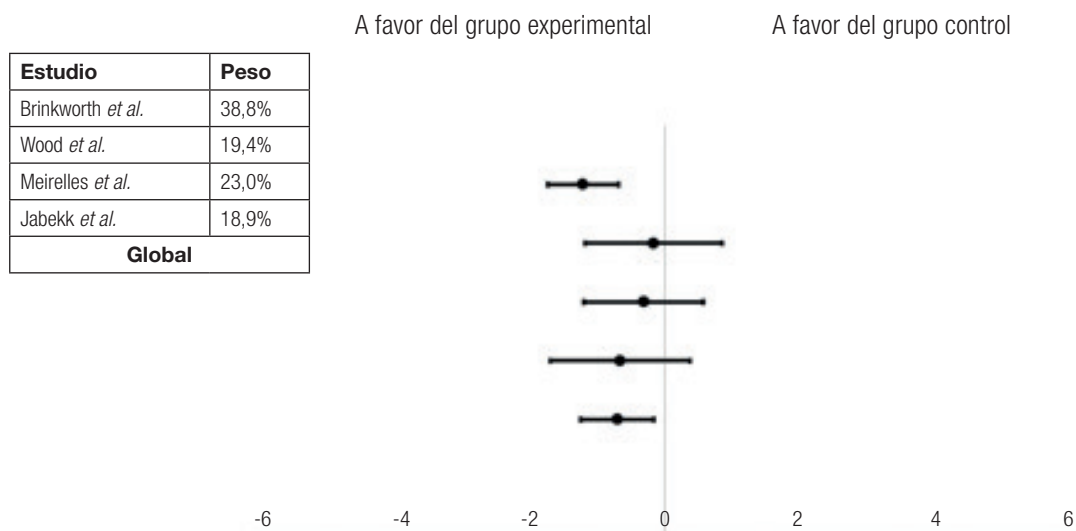


Figura 1. Gráfico metaanálisis de la mejora de las medidas de masa grasa.

Resultados de las medidas

El metaanálisis incluye artículos que focalizan en la mejora de las medidas de masa grasa con una intervención de dieta baja en carbohidratos y ejercicio físico en comparación con un grupo que hace otro tipo de dieta o solo ejercicio.

El tamaño del efecto global para la masa grasa fue $-0,69$ el cual es “medio” de acuerdo con la clasificación propuesta ($> 0,5$ y $< 0,8$), y significativo con un 95% de intervalo de confianza desde $-1,21$ a $-0,16$. El p-valor fue menor de $0,01$ lo que significa que hubo reducción en la masa grasa. El nivel de heterogeneidad fue medio ya que el p-valor del test de Cochran fue de $0,125$. Además, esto se evidenció también por otros coeficientes: I^2 : 41% (95% IC de 0 a 80%) y H : 1,3.

Analizando los artículos incluidos en el metaanálisis, se encontraron tamaños del efecto grandes (7), medios (11) y pequeños (12,13) pero siempre indicando una mayor reducción en el grupo experimental.

Por lo que en cuanto al tamaño del efecto hubo una mayor reducción en masa grasa en grupo de dieta baja en carbohidratos con ejercicio en comparación con los que realizaban otro tipo de dieta (7,12,13) o solo hacían ejercicio (11).

DISCUSIÓN

En la presente revisión en todos los artículos analizados con dieta cetogénica y ejercicio se observó una pérdida de peso significativa, por lo tanto una dieta baja en carbohidratos estimula más la pérdida de peso que una alta en carbohidratos y baja en grasas (17), pero algunos afirman que es menos efectiva en la utilización de la grasa durante el ejercicio (10).

Con los datos que se obtuvieron no se puede afirmar que con un tipo u otro de ejercicio se pierde mayor cantidad de peso, ya que el tiempo de intervención es muy diferente entre los estudios.

La masa muscular es una variable muy importante en personas con sobrepeso y obesidad, por su importancia sobre su mantenimiento o aumento para elevar el metabolismo basal de estas personas. Los resultados no mostraron claridad en este parámetro, pero pudo deberse a que las dietas proporcionadas a los sujetos no llegasen a las calorías basales mínimas y es por esto que se ha perdido masa muscular en algunas ocasiones.

En el estudio de Sartor y cols. (8) se pudo apreciar cómo la pérdida de peso era menor en los individuos que realizaron la dieta cetogénica junto con entrenamiento, esto es debido a que hubo un aumento de la masa muscular mientras que la masa grasa disminuyó, al contrario de lo que pasa con los sujetos que solo realizan la dieta, que perdieron masa muscular. Esto quiere decir que el ejercicio tiene un papel muy importante para el mantenimiento del músculo.

Hay controversia en los resultados en cuanto al perfil lipídico, ya que son muy variados.

La calidad metodológica podría mejorar mucho más porque quedaron muchos ítems de la escala PEDro sin cumplir. Los más comunes relacionados con el cegamiento de sujetos, terapeutas y asesores. Aunque es comprensible que en esta clase de estudios los sujetos

deban conocer la dieta y el tipo de ejercicio en el que han sido asignados, ya que lo tienen que realizar. Del mismo modo, la calidad de la evidencia evaluada a través de GRADE fue muy baja, implicando la necesidad de futuros estudios de calidad para mejorar la confianza sobre los hallazgos.

Metodológicamente se vio que se necesita un método más preciso para medir la dieta, sería recomendable que los estudios la controlasen más. Por otro lado, no se ha proporcionado una dieta ajustada a la necesidad de los sujetos en la mayoría de los estudios. Para futuras aplicaciones estos tendrían que calcular las necesidades basales de cada individuo y proponer una dieta concreta para ellos.

Sería interesante medir otros parámetros bioquímicos, factor de fatmax, etc en futuras aplicaciones.

Por otro lado, es muy importante que se establezcan grupos control ya que esto dará mayor calidad al estudio.

El metaanálisis nos muestra resultados significativos a nivel global tras el análisis de 4 artículos, por lo tanto, habrá mayor reducción de masa grasa en grupos que realizan dieta baja en carbohidratos y ejercicio que en los que no realizan dieta o tan solo realizan ejercicio. No obstante, debido a las diferencias de los estudios y a los datos reportados, solo 4 de los 7 artículos fueron incluidos, por lo que estos resultados deben ser interpretados con precaución.

El mayor tamaño del efecto se encuentra en el estudio de Brinkworth (7), siendo el único estudio cuyo resultado del análisis ha sido significativo (p-valor $< 0,01$) esto puede ser debido a una mayor muestra ($n = 33$ en grupo experimental y $n = 36$ en grupo control), además de que en ambos grupos comparados se realiza ejercicio y las dietas difieren muy significativamente sus porcentajes en cuanto a macronutrientes, pero además la alta en carbohidratos también es estrictamente controlada. Los demás artículos no cuentan con resultados significativos tras su análisis del Intervalo de Confianza al 95% del tamaño del efecto.

El grado medio de heterogeneidad, el bajo número de artículos y los diferentes tipos de grupo control nos muestran que estas conclusiones deben ser tomadas con precaución.

Concluyendo, son necesarios más estudios que analicen los beneficios que supone llevar a cabo una dieta baja en carbohidratos junto con ejercicio controlando todos los puntos expuestos en estos párrafos.

CONCLUSIONES

En siete artículos y tres revisiones que incluyen una intervención de dieta baja en carbohidratos y un protocolo de entrenamiento en personas con sobrepeso y obesidad se ha visto que:

- Hay efectos positivos, especialmente en la pérdida de peso, aunque es importante tener en cuenta la restricción calórica llevada a cabo en cada estudio.
- La disminución de masa grasa es efectiva en todos los estudios.

Por otro lado, comparando los diferentes tipos de ejercicio de los estudios se podría decir que destaca la disminución de masa muscular en aquellos en los que las intervenciones son con ejercicio aeróbico, manteniéndose e incluso aumentando en los estudios con ejercicios de fuerza.

Es necesario realizar más estudios sobre este campo que incluyan dieta y ejercicio y con mejor calidad metodológica.

BIBLIOGRAFÍA

- Sumithran P, Proietto J. Ketogenic diets for weight loss: a review of their principles, safety and efficacy. *Obes Res & Clin Pract* 2008;2(1):1-13.
- Benoit FL, Martin, RL, Watten RH. Changes in body composition during weight reduction in obesity balance studies comparing effects of fasting and a ketogenic diet. *Ann Intern Med* 1965;63(4):604-12.
- Benito PJ, Bermejo LM, Peinado AB, López-Plaza B, Cupeiro R, Szendrei B, et al. Change in weight and body composition in obese subjects following a hypocaloric diet plus different training programs or physical activity recommendations. *J Appl Physiol* 2015;118(8):1006-13.
- Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JP, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLoS Med* 2009;6(7):e1000100. DOI: 10.1371/journal.pmed.1000100
- Van Tulder M, Furlan A, Bombardier C, Bouter L, and Editorial Board of the Cochrane Collaboration Back Review Group. Updated method guidelines for systematic reviews in the Cochrane Collaboration Back Review Group. *Spine* 2003;28(12):1290-9.
- Balshem H, Helfand M, Schünemann HJ, Oxman AD, Kunz R, Brozek J, et al. GRADE guidelines: 3. Rating the quality of evidence. *J Clin Epidemiol* 2011;64(4):401-6.
- Brinkworth GD, Noakes M, Buckley JD, Keogh JB, Clifton PM. Long-term effects of a very-low-carbohydrate weight loss diet compared with an isocaloric low-fat diet after 12 mo. *Am J Clin Nutr* 2009;90(1):23-32.
- Sartor F, de Morree HM, Matschke V, Marcora SM, Milousis A, Thom JM, et al. High-intensity exercise and carbohydrate-reduced energy-restricted diet in obese individuals. *Eur J Appl Physiol* 2010;110(5):893-903.
- Tay J, Luscombe-Marsh ND, Thompson CH, Noakes M, Buckley JD, Wittert GA, et al. Comparison of low- and high-carbohydrate diets for type 2 diabetes management: a randomized trial. *Am J Clin Nutr* 2015;102(4):780-90.
- Walberg JL, Ruiz VK, Tarlton SL, Hinkle DE, Thye FW. Exercise capacity and nitrogen loss during a high or low carbohydrate diet. *Med Sci Sports Exerc* 1988;20(1):34-43.
- Jabekk PT, Moe IA, Meen HD, Tomten SE, Høstmark AT. Resistance training in overweight women on a ketogenic diet conserved lean body mass while reducing body fat. *Nutrition & Metabolism* 2010;7(1):1.
- Wood RJ, Gregory SM, Sawyer J, Milch CM, Matthews TD, Headley SA. Preservation of fat-free mass after two distinct weight loss diets with and without progressive resistance exercise. *Metabolic Syndrome and Related Disorders*. 2012;10(3):167-74.
- Meirelles CM, Gomes PSC. Combined effects of resistance training and carbohydrate-restrictive or conventional diets on weight loss, blood variables and endothelium function. *Rev Nut* 2016;29(4):543-54.
- Volek JS, Jaci LV, Cassandra EF. Diet and exercise for weight loss. *Sports Medicine* 2005;35(1):1-9.
- Noakes T, Volek JS, Phinney SD. Low-carbohydrate diets for athletes: what evidence? 2014:1077-8.
- Paoli A, Bosco G, Camporesi EM, Mangar D. Ketosis, ketogenic diet and food intake control: a complex relationship. *Front Psychol* 2015;6:27.
- Stern L, Iqbal N, Seshadri P, Chicano KL, Daily DA, McGrory J, et al. The effects of low-carbohydrate versus conventional weight loss diets in severely obese adults: one-year follow-up of a randomized trial. *Ann Intern Med* 2004;140(10):778-85.