

# UNIVERSIDAD DE MÁLAGA



Programa Doctorado Psicología  
**Actividad Física, Rendimiento, Gestión y Salud**

Tesis Doctoral

**Efectos de la Dieta Cetogénica en el Rendimiento, la  
Salud y la Composición Corporal en Participantes  
Entrenados en Fuerza**

Autor

Salvador Vargas Molina

Director

Dr. Javier Benítez Porres

2024





UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

AUTOR: Salvador Vargas Molina

 <https://orcid.org/0000-0001-6775-9159>

EDITA: Publicaciones y Divulgación Científica. Universidad de Málaga



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode>

Cualquier parte de esta obra se puede reproducir sin autorización pero con el reconocimiento y atribución de los autores.

No se puede hacer uso comercial de la obra y no se puede alterar, transformar o hacer obras derivadas.

Esta Tesis Doctoral está depositada en el Repositorio Institucional de la Universidad de Málaga (RIUMA): [riuma.uma.es](http://riuma.uma.es)













## **Agradecimientos**

La presente tesis no hubiese sido posible sin la inestimable ayuda de mi director Dr. Javier Benítez Porres y de mi tutor Dr. Jerónimo García Romero, gracias por la predisposición en todo momento, y gracias por dejarme trabajar acorde a mis tiempos. Además, quiero agradecer a todos los compañeros, co-autores que a lo largo de esta breve carrera como investigador han influido en mi formación, y han contribuido notablemente en mi trabajo realizado hasta ahora. Gracias, Diego Bonilla Ocampo, Jorge Luis Petro, Manuel García Sillero, Leandro Carbone, Fernando Martín Rivera, Sergio Maroto Izquierdo, Richard B. Kreider y Brad J. Schoenfeld, es, ha sido y será un privilegio recorrer juntos este camino.

Agradecer a mis amigos más cercanos por el apoyo constante para poder llevar a cabo este trabajo. A mi familia de Argentina, gracias suegra por mostrarnos el camino. Pero, sobre todo, a mi mujer, Sabina, compañera inigualable y apoyo emocional constante, a mis hijos Julio César e Iván, mi constante inspiración para seguir avanzando, a mi madre y a mi hermano por su ayuda incondicional y, por supuesto a mi padre que sé que esté donde estés serás participe de todo esto.

**ÍNDICE**

Listado figuras y tablas .....	10
Listado de acrónimos y unidades de medida .....	11
Resumen .....	13
Producción perteneciente a esta tesis .....	15
<b>CAPÍTULO 1. Introducción</b> .....	17
1.1 Fisiología de la cetosis .....	18
1.2 Orígenes y evolución de las dietas cetogénicas.....	20
1.3 De la epilepsia a otros campos de investigación.....	22
1.4 Dietas “low carb” y cetogénicas.....	22
1.5 ¿Es saludable este tipo de manipulación de macronutrientes?.....	23
1.6 Cetosis cíclica y dieta cetogénica dirigida.....	24
1.7 Control de la cetosis.....	25
<b>CAPÍTULO 2. Objetivos e hipótesis</b> .....	28
<b>CAPÍTULO 3. Resultados</b> .....	31
3.1 Artículo 1 .....	32
3.2 Artículo 2.....	59
3.3 Artículo 3 .....	82
<b>CAPÍTULO 4. Discusión</b> .....	106
<b>CAPÍTULO 5. Conclusiones</b> .....	135
5.1 Conclusiones finales.....	138
Referencias .....	139
Anexos .....	162
Anexo I. Producción adicional relacionada con la tesis .....	163
Anexo II. Currículum académico adicional .....	164
Anexos III. Comité de ética .....	168

## **Listado Figuras**

Figura 1: Cetólisis y cetogénesis

Figura 2: Cuerpos cetónicos, escala colorimétrica a través de tiras reactivas en la orina

Figura 3: Cuerpos cetónicos en orina (mmol/L) durante 24 horas

Figura 4: DC y vías de señalización en la síntesis de proteínas

Figura 5: Volumen de la carga

Figura 6: Número de repeticiones totales en flexiones en suelo

Figura 7: Densidad y contenido mineral óseo. Datos sin publicar

Figura 8: Cargas altas y bajas con aplicación de dieta cetogénica sobre el contenido mineral óseo y la densidad mineral ósea

Figura 9: Ondas más representativas en un ECG

Figura 10: Cambios encontrados en la variabilidad del ritmo cardiaco

Figura 11: Datos obtenidos de variabilidad cardiaca

Figura 12: Objetivos y población de estudio en esta tesis.

## **Listado de Tablas**

Tabla 1: Tipos de dieta cetogénica

Tabla 2: Concentración en sangre de glucosa, Insulina, cuerpos cetónicos y pH

Tabla 3: Organización de dietas en base a la cantidad de carbohidratos

Tabla 4: Calorías y macronutrientes consumidos

Tabla 5: Diferencias entre volumen total y total de repeticiones

Tabla 6: Perfil lipídico

Tabla 7: Total calórico establecido

Tabla 8: Calorías totales y distribución de macronutrientes. Comparación de dieta restrictiva severa (SER), contra restricción energética progresiva (PER)

### Listado acrónimos y unidades de medida

AcAc = Acetoacetato

ACSM = Colegio Americano de Medicina del Deporte (American College of Sports Medicine)

Ad libitum = Comer a demanda

AKT = Proteína serina-treonina cinasa

a.c. = Antes de cristo

AG = Ácidos grasos

$\beta$ -OHB = Beta-hidroxiacetato

CC = Cuerpos cetónicos

Ca:P = Calcio y fosforo

CICO = Calorías que entran y calorías que salen (Calories in Calories out)

CHO = Carbohidratos

DC = Dieta cetogénica

DXA = Densitometría dual de rayos X

D = día

g = Gramos

HDL = Colesterol de alta densidad (High density lipid)

IGF-1 = Factor de crecimiento insulínico (Insulin growth factor)

L = Litros

LDL = Colesterol de baja densidad (Low density lipid)

mmol = milimoles

MLG = Masa libre de grasa

MGF = Factor de crecimiento mecánico (mechanical growth factor)

mTOR = Diana de rampamicina (mechanical target of rampycin)

OMS = Organización mundial de la salud

PGC 1 alfa = proteína 1 $\alpha$  co-activadora del receptor activado por el proliferador de peroxisomas

pNN50 = % total de pares de intervalos que difieren en más de 50 milisegundos

RPE = Percepción de esfuerzo subjetiva (rate of perceived exertion)

RIR = Repeticiones en reserva (Repetition in reserve)

R-R = Variación de intervalo entre latidos

SDNN = Desviación estándar de todos los intervalos NN

1-RM = Una repetición máxima

rMSSD = Raíz cuadrada media de las diferencias sucesivas entre los latidos cardiacos normales

SCOT = Acetoacetil-CoA-transferasa

kg = Kilogramos

mg/dl = Miligramos por decilitro

mmHG = Milímetros de mercurio

## Resumen

El objetivo de esta tesis es investigar el efecto de una dieta cetogénica (DC) en participantes avanzados en fuerza abordando variables de composición corporal (masa libre de grasa), rendimiento deportivo (pérdida de velocidad, percepción de esfuerzo al acabar la sesión, índice de esfuerzo, número de repeticiones, volumen total), salud (grasa visceral, densidad y contenido mineral óseo, presión arterial). Los datos experimentales de esta tesis se han obtenido de mujeres con más de dos años de entrenamiento de fuerza en un experimento (parámetros de salud) y en hombres y mujeres con más de un año consecutivo de entrenamiento de fuerza en el segundo experimento (parámetros de rendimiento). A su vez, los datos experimentales presentados en congresos corresponden a hombres y mujeres con más de dos años de entrenamiento de fuerza (parámetros de salud). Mientras que, la revisión con metaanálisis incorpora 111 participantes entrenados en fuerza (87 hombres y 24 mujeres), pertenecientes a cinco estudios, que incluyen atletas de culturismo natural, practicantes de entrenamiento de fuerza y de CrossFit®. En cuatro de las investigaciones se tuvo en cuenta la evaluación de la densitometría dual de rayos (DXA), excepto en una que se evaluó por bio impedancia.

La variable de investigación para la composición corporal fue la masa libre de grasa (MLG) y se ha relacionado con el posible incremento de masa muscular (evaluados mediante DXA y bio impedancia). En cuanto al rendimiento, en una sesión de entrenamiento se utilizó un encoder lineal para evaluar la pérdida de velocidad y el índice de esfuerzo. La escala de esfuerzo percibido en la sesión (valores, 1-10) se determinó justo al acabar las sesiones realizadas en todas las semanas del experimento, el número total de repeticiones y el volumen total se cuantificó en las sesiones pre-cetosis y en cada una de las semanas que duró el experimento mediante la aplicación de la DC.

En nuestros resultados no se encontraron pérdidas de la masa magra, incluso hubo un incremento. En cuanto a las variables de rendimiento, el RPE post sesión mostró un aumento en las primeras semanas, aunque, a posteriori, la tendencia fue a la baja al acabar el experimento. El volumen total y el número de repeticiones aumentó en estos indicadores al final de las semanas de intervención. En cuanto a la pérdida de velocidad, no se encontraron diferencias entre semanas. No obstante, en el índice de esfuerzo sí que hubo diferencias entre semanas.

En parámetros de salud, los datos presentados en cuanto a contenido y densidad mineral ósea muestran un aumento en la variable densidad mineral ósea en mujeres entrenadas. Por otro lado, cuando hemos comparado cargas altas y bajas en hombres entrenados en fuerza bajo la DC, tan solo los que hicieron cargas altas obtuvieron un aumento significativo en la densidad mineral ósea, mientras que, el contenido mineral óseo no obtuvo cambios en ningún grupo. En cuanto a la presión arterial encontramos descensos en la presión sistólica en el grupo que hizo cetosis, en cuanto a la diastólica no hubo cambios en ningún grupo. Además, la grasa visceral se mantuvo igual sin cambios significativos.

Concluimos que una DC puede usarse de seis a ocho semanas en participantes avanzados en fuerza, con una tendencia a favorecer los parámetros de salud. La MLG puede aumentar, aunque, no tiene por qué ser la mejor opción para este objetivo, y en cuanto al rendimiento no parece que se vea afectado en una sesión de entrenamiento cuando se aplica DC.

Palabras clave: Entrenamiento de fuerza, cetosis, hipertrofia muscular, carbohidratos

**Producción perteneciente a esta tesis**

Los resultados presentados en esta tesis doctoral han sido publicados en revistas indexadas de Ciencias del Deporte y Fisiología.

**Artículo 1:**

Vargas-Molina, S., Carbone, L., Romance, R., Petro, J. L., Schoenfeld, B. J., Kreider, R. B., Bonilla, D. A., & Benitez-Porres, J. (2021, Aug). Effects of a low-carbohydrate ketogenic diet on health parameters in resistance-trained women. *Eur J Appl Physiol*, 121(8), 2349-2359. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04707-3>

**Artículo 2:**

Vargas-Molina, S., Garcia-Sillero, M., Bonilla, D. A., Petro, J. L., Garcia-Romero, J., & Benitez-Porres, J. (2024, Dec). The effect of the ketogenic diet on resistance training load management: a repeated-measures clinical trial in trained participants. *J Int Soc Sports Nutr*, 21(1), 2306308. <https://doi.org/10.1080/15502783.2024.2306308>

**Artículo 3:**

Vargas-Molina, S., Gomez-Urquiza, J. L., Garcia-Romero, J., & Benitez-Porres, J. (2022, Oct 3). Effects of the Ketogenic Diet on Muscle Hypertrophy in Resistance-Trained Men and Women: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*, 19(19). <https://doi.org/10.3390/ijerph191912629>

Congresos presentados en esta tesis

**Comunicación congreso 1:**

Vargas-Molina, S., Bonilla, D. A., Petro, J. L., García-Romero, J. C., García-Sillero, M., Kreider, R. B. F., & Benítez-Porres, J. (2022). *Effects of The Ketogenic Diet on Blood Biochemical Parameters in Resistance-trained Women: A Pilot Study* Medicine & Science in Sports & Exercise., San Diego, USA.

**Comunicación congreso 2:**

Vargas-Molina, S., García-Sillero, M., Petro, J., Bonilla, D., García-Romero, J., & Benítez-Porres, J. (2022). *Effect of a Ketogenic Diet on Heart Rate Variability in Resistance-Trained Women*. Ibero-American Nutrition Foundation (FINUT), Mexico City, Mexico.

**Comunicación congreso 3:**

Vargas-Molina, S., Jurado-Castro, J., García-Romero, J., García-Sillero, M., Maroto-Izquierdo, S., & Benítez-Porres, J. (2021). *Effects of High-load And Low-load Resistance Training Versus High-load Resistance Training in Combination with Ketogenic Diet on Bone Mineral Density in Well-trained Men* Medicine & Science in Sports & Exercise, Orlando, Florida. USA.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

## Capítulo 1. Introducción

### 1.1 Fisiología de la cetosis

La cetosis es un estado nutricional que se genera cuando tenemos ausencia de carbohidratos (CHO) en la dieta, concretamente,  $\approx 50$  g por día o un 5-10% del total calórico diario, acompañado por un incremento en las grasas de aproximadamente  $\approx 60$ –80% del total calórico y con un consumo de proteínas que oscila entre  $\approx 1.2$ – $1.5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$  (Aragon et al., 2017). No obstante, en la mayoría de los casos, y sobre todo en participantes entrenados en fuerza, esta dosis de proteínas se incrementaría por encima de  $2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ . Aunque esto conlleva el riesgo de que se genere neoglucogénesis a partir de los aminoácidos y, por tanto, reconversión en glucosa, que supondría que no se entrara en estado de cetosis en algunos casos (Gupta et al., 2017). Sin embargo, el uso de cuerpos cetónicos (CC) como energía evitaría la neoglucogénesis, para que no se usen las proteínas como fuente energética, y evitar así el catabolismo miofibrilar (Gupta et al., 2017).

Dependiendo de los porcentajes de macronutrientes las DC se pueden clasificar en diferentes tipos, tal y como observamos en la tabla 1 (Crosby et al., 2021).

**Tabla 1**

*Modificado. Tipo de dieta cetogénica (Crosby et al., 2021).*

Dieta	% Energía grasas	%Energía carbo-hidratos	%Energía proteínas
Clásica cetogénica (4:1)	90	2-4	6-8
Clásica cetogénica (3:1)	85-90	2-5	8-12
Dieta Atkins modificada	60-65	5-10	25-35
Cetogénica-general (<50 g CHO)	70-80	<10	~ 10
Baja en carbohidratos (<130 g CHO)	Varios	10-25	Varios

Se conocen tres CC: acetoacetato (AcAc), acetona y  $\beta$ -hydroxibutirato ( $\beta$ -OHB), donde en condiciones normales las concentraciones en suero no superan los 0.5 mmol/L. No obstante, bajo una DC su producción puede aumentar hasta 7-8 mmol/L, al contrario que un paciente diabético que puede superar los 25 mmol/L, denominada cetosis diabética o ceto acidosis diabética. Por esta razón, se ha especulado que el aumento de CC en sangre podría contribuir en el desequilibrio del pH y, por tanto, en la concentración de ácido-base que podría repercutir negativamente en la salud. No obstante, la alteración del pH no se vería comprometida (Di Rosa et al., 2020) tal y como se observa en la tabla expuesta por Paoli (2014).

**Tabla 2**

*Concentración en sangre de glucosa, Insulina, cuerpos cetónicos y pH. Adaptado de (Paoli, 2014)*

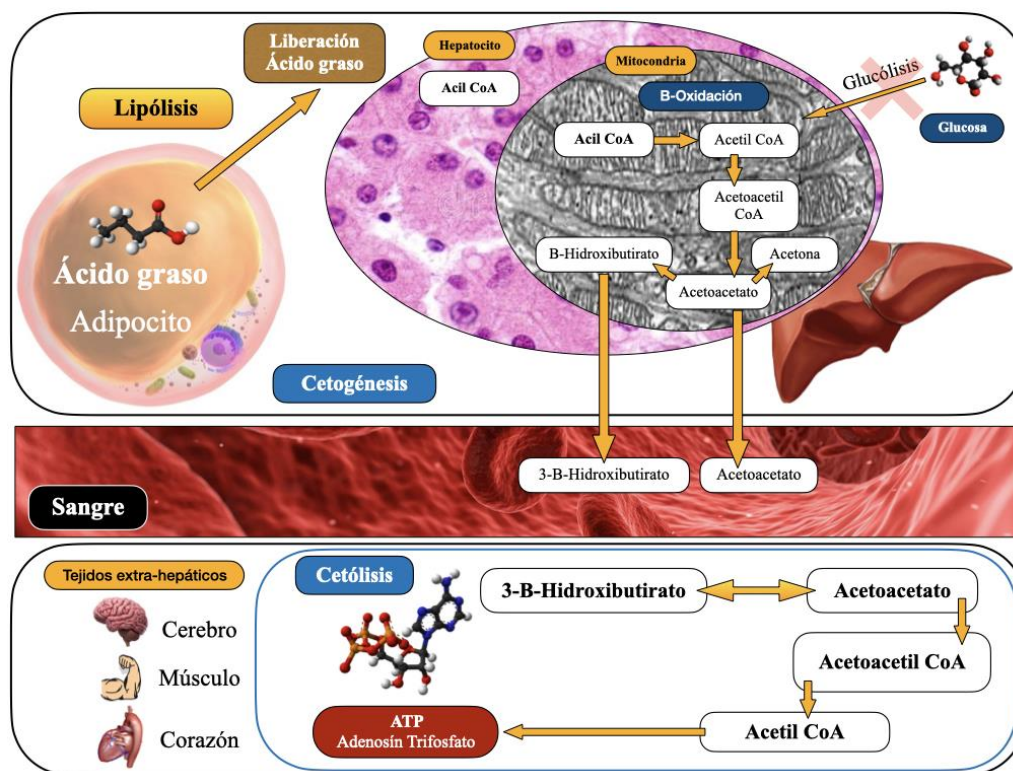
Niveles en sangre	Dieta tradicional	Dieta cetogénica	Cetoacidosis diabética
Glucosa (mg/dl)	80-120	65-80	>300
Insulina	6-23	6,6-9,4	—
Cuerpos cetónicos	0,1	7/8	>25
pH	7,4	7,4	<7,3

La ausencia de CHO y el aumento de grasas generaría un desequilibrio entre la liberación de ácidos grasos (AG) y el almacenamiento en forma de triglicéridos en el adipocito. De esta manera, el hígado captaría este exceso de AG circulantes y lo convertiría en CC, mediante la  $\beta$ -oxidación, reemplazándolo por la glucosa. Una vez convertido en CC, la mitocondria hepática sería incapaz de utilizarlos como fuente energética, puesto que no tiene enzimas que active el proceso, por esta razón, se enviarían al músculo esquelético, al cerebro o al corazón que sí que tienen la enzima acetoacetyl-CoA-transferasa (SCOT) (Schugar & Crawford, 2012). De seguido, cuando entran en

las células captadoras de CC, se transformarían en AcAc, debido a la oxidación de  $\beta$ -OHB, a continuación, la transferencia de CoA generará la transformación de acetoacetyl-CoA mediante la enzima ya mencionada, SCOT. El cambio metabólico continuaría por la conversión en dos moléculas de acetyl-CoA (Paoli, 2014). Por último, el acetyl-CoA entraría en el ciclo de Krebs (Drabińska et al., 2021), como apreciamos en la figura 1.

**Figura 1**

*Cetólisis y cetogénesis. Adaptado y modificado de (Drabińska et al., 2021)*



## 1.2 Orígenes y evolución de las dietas cetogénicas

El origen de las dietas cetogénicas (DC) va irremediamente unido al del ayuno intermitente. Los intentos de los médicos, sanadores o gurús de la medicina desde épocas ancestrales se centran en dilucidar qué problema se escondía detrás de la epilepsia. Cabe resaltar que desde Hipócrates en el 460 a.c./370 a.c., ya se registraba el ayuno como una solución a la epilepsia. La intención primordial era separar el concepto astral o

espiritual del científico, obteniendo, de esta manera, soluciones desde la ciencia. Así es como se propusieron alternativas en la restricción de alimentos, lo que hoy se conoce como ayuno, como una manera de alterar positivamente el metabolismo. Aun así, cuando se obtuvieron resultados favorables mediante el ayuno, desde el prisma espiritual y religioso se pensaba que ese ayuno era una manera de limpiar el alma de impurezas, sin darle el valor científico real.

Pero no fue hasta 1921 cuando Woodyatt (Woodyatt, 1921) relacionó la concentración de CC, concretamente  $\beta$ -OHB y acetona, con la inanición y con la reducción de CHO en la dieta. Y ese mismo año, 1921, Wilder realizó una intervención reduciendo CHO sobre pacientes epilépticos, acuñando el término “dieta cetogénica” (Wilder, 1921). Las intervenciones, principalmente en niños epilépticos, continuaron tanto en la Clínica Mayo por parte de McQuarrie & Keith (Wheless, 2008), como en el hospital Johns Hopkins, por parte de Livingston (Livingston, 1972), hasta que la aparición de nuevos medicamentos contra la epilepsia desplazó las DC a un segundo plano.

Hasta tal punto que, entre los años 1970 y 2000, solo aparecen de dos a ocho publicaciones por año sobre DC en PubMed (Wheless, 2008). Sin embargo, esto cambió radicalmente cuando un programa de televisión de NBC-TV retransmitió el caso de un niño de dos años con problemas intratables de convulsiones, donde sus padres desesperadamente se dirigieron al Hospital Johns Hopkins. La aplicación de la DC volvía a la escena, además, por la dietista del mismo Dr. Livingston, la Sra. Millicent Kelly (Wheless, 2008). La sorprendente mejoría del niño tuvo una importante repercusión internacional, donde, por un lado, aumentaron las investigaciones hasta una media de 40 publicaciones por año en PubMed, incluso, abriéndose nuevas líneas de investigación,

fundaciones sin ánimo de lucro, o incluso llegando al cine en una película protagonizada por la misma Meryl Streep (Wheless, 2008).

### 1.3 Cetosis: de la epilepsia a otros campos de investigación

Con el paso de los años, la restricción de CHO despertó más interés en el panorama científico, tanto con objetivos centrados en la salud como en el rendimiento. De esta manera, se ha investigado el posible efecto bajo diferentes objetivos, entre los que destacan: a) composición corporal, (Ashtary-Larky, Bagheri, Bavi, et al., 2022), b) marcadores cardio metabólicos (Fechner et al., 2020), c) rendimiento deportivo (Murphy et al., 2021), d) en el cáncer (Oliveira et al., 2018; Weber et al., 2020), e) en la microbiota (Paoli, Mancin, et al., 2019) o para el control de la diabetes (Goday et al., 2016), entre otros.

### 1.4 Dietas “low carb” y cetogénicas

No obstante, debemos diferenciar entre una dieta *low carb*, donde no se restringe los CHO, sino que se reducen, a diferencia de la cetosis, donde se generan cuerpos cetónicos. Por tanto, no se puede confundir el efecto fisiológico que se genera mediante el uso de cuerpos cetónicos al hecho de reducir los CHO sin que se lleguen a producir. Las dietas con manipulación de CHO se han clasificado en tres niveles: a) Moderada en carbohidratos, b) baja en carbohidratos y c) muy baja en carbohidratos (cetosis), en la tabla 3 lo encontramos más detallado (Noakes & Windt, 2017).

**Tabla 3**

*Organización de dietas en base a la cantidad de CHO. Adaptado de (Noakes & Windt, 2017).*

Organización de dietas	
Moderada en CHO	26-45% del total calórico diario
Baja en CHO	<26% total calórico diario 0 <130 g/día
Muy baja en CHO	<10% total calórico diario 0 <50 g/día

### 1.5 ¿Es saludable este tipo de estrategia nutricional?

#### Efectos secundarios de la cetosis

Dentro de los efectos secundarios inmediatos de la DC se encuentra la halitosis que se daría a consecuencia de la acetona, que posee un olor dulce característico (Di Rosa et al., 2020; Schiavo et al., 2018), cefalea leve, molestias gastrointestinales, estreñimiento por deficiencia de fibras, calambres debido a la falta de electrolitos o falta de energía (Castaldo et al., 2016; Drabińska et al., 2021). No obstante, estos efectos se darían en las primeras semanas, considerándose una adaptación metabólica, donde incluso todos los individuos no responden de la misma manera, la mayoría de estos efectos pasajeros estarían dentro de la denominada “fiebre keto”, también conocida como ceto-inducción o ceto-adaptación (Blanco et al., 2019; Bostock et al., 2020). Aun así, puede ser recomendable ir reduciendo los CHO progresivamente y no eliminarlos de la dieta repentinamente, eso facilitará la adaptación metabólica.

Adicionalmente, las DC tienen una serie de características que debemos tener en cuenta (Crosby et al., 2021):

- Cuando se realiza una dieta extremadamente baja en CHO, la calidad en la dieta se puede ver perjudicada, debido a la falta de frutas, verduras o cereales. Esto conlleva una reducción significativa de vitaminas como tiamina, folato o vitaminas del grupo A, E o B, además de minerales como calcio, magnesio, hierro o potasio (Freedman et al., 2001) o incluso vitamina K o ácido linoleico (Zupec-Kania & Spellman, 2008). Por eso, se recomienda acompañar una DC con un suplemento vitamínico y mineral que compense las posibles deficiencias.

- Puede haber deficiencias de fibra y fitoquímicos.

Esta ausencia de fibra dietética en la dieta puede causar deficiencias en la función intestinal debido a la inadecuada producción de la microbiota de ácidos grasos de cadena corta que beneficien el colon (Holscher, 2017). Por eso se aconseja bajo esta prescripción nutricional añadir fibras en mayor cantidad (Lindfeldt et al., 2019), al igual que suplementos dietéticos que compensen la ausencia de ellos.

#### 1.6. Cetosis cíclica y dieta cetogénica dirigida

Se especula que las DC pueden reducir el rendimiento, sobre todo cuando el esfuerzo es anaeróbico (Wroble et al., 2019), debido a la dependencia de los CHO para mantener altos niveles de fuerza. Por esta razón, se usan estrategias que incluyen la introducción del bolo de CHO en el peri-entreno. Aunque, a priori, parece una estrategia óptima para evitar el descenso en el rendimiento, hay escasos datos científicos que apoyen esta estrategia.

Por otro lado, hace casi tres décadas el Dr. Mauro Di Pasquale hacía mención del uso de la denominada *Dieta Anabólica* (Pasquale, 1995), que consistía en la reducción de hidratos de carbono hasta 20-30 g/día de lunes a viernes, donde los fines de semana se tiene licencia para consumir *ad libitum*. Desde la ciencia, se ha evaluado el efecto de la DC cíclica frente a una dieta en reducción (Kysel et al., 2020). La estrategia cíclica se centraba en la reducción de 500 calorías al día una vez calculado el gasto energético total, durante cinco días con 30 g de CHO, 1,6 de proteínas y el resto en grasas. A continuación, se realizan dos días de aumento sustancial, 8-10 g de CHO por kilo de masa libre de grasa. Los resultados no estuvieron a favor de la dieta cíclica, donde perdieron masa magra y agua, a la vez que el rendimiento en fuerza fue superior en el grupo no cíclico. Aunque, no se pueden sacar conclusiones con una sola investigación y a la vez una muestra tan

reducida, no parece que sea una alternativa más óptima que realizar una cetosis sin interrupciones donde se dé el efecto adaptativo o incluso una dieta sin restricción de macronutrientes.

### 1.7. Control de la cetosis

Para detectar y evaluar la cantidad de CC se usan tres parámetros: a) en sangre, mediante punción capilar, que determina la cantidad de  $\beta$ -OHB, b) en orina que detecta el AcAc y c) mediante el aliento que detecta la acetona (Kuru et al., 2014), debido a la eliminación por el pulmón. El control mediante tiras reactivas de orina detecta el AcAc debido a la reacción con el nitroprusiato a través de una escala de color, que nos indicaría desde trazas de cetosis, con un color más claro, hasta un color más intenso donde se relaciona con un aumento considerable de CC (Gibson et al., 2020).

**Figura 2**

*Determinación de cuerpos cetónicos mediante escala colorimétrica a través de tiras reactivas en la orina*

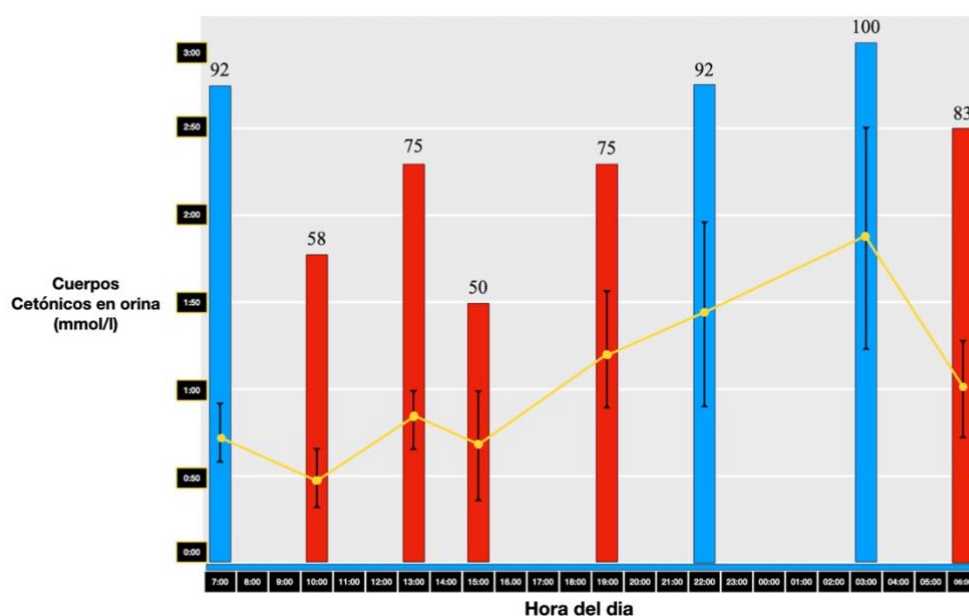


Aun así, la fiabilidad en la evaluación de la cetosis mediante orina es limitada, puesto que, la prueba de cetona en orina, como Ketostix o Berkshire proporciona una medición semi cuantitativa de AcAc y no de  $\beta$ -OHB (Dhatariya, 2014). Además, en pacientes con cetoacidosis diabética no es muy confiable, puesto que el  $\beta$ -OHB se convierte en AcAc durante el tratamiento de la acetoacidosis diabética (Brooke et al., 2016).

Si el control se va a realizar mediante tiras de orina, como fue el caso de nuestras investigaciones, debemos tener en cuenta que los CC sufren importantes fluctuaciones durante el día (Musa-Veloso et al., 2002), por esa razón, los mejores momentos para la evaluación se encuentran en la mañana temprano o después de la cena, que es donde la acumulación de CC es más alta, tal y como apreciamos en la figura 3. (Urbain & Bertz, 2016).

**Figura 3**

*Cuerpos cetónicos en orina (mmol/L) durante 24 horas. Modificado de (Urbain & Bertz, 2016)*



No obstante, parece ser que la más fiable es la medición en sangre (Brooke et al., 2016; Klocker et al., 2013; Kuru et al., 2014). A este respecto, la medición en orina no evalúa el principal CC, que es el  $\beta$ -OHB, además, de no detectar de manera fiable sujetos que están en cetosis, porque debido a la baja formación de cuerpos cetónicos no tiene esa sensibilidad, al contrario que la evaluación en sangre (Brooke et al., 2016). De hecho, se puede evaluar en sangre mediante el dispositivo FreeStyle, que miden específicamente el  $\beta$ -OHB. A este respecto, se ha comparado las tiras en orina con las tiras en sangre mediante este dispositivo (Gibson et al., 2020), y los resultados fueron más favorables a

las tiras en sangre, donde los autores concluyeron que las tiras en orina no eran un medio preciso ni clínicamente útil para detectar cetosis leve en personas que se adhieren a una dieta con restricción energética severa.

# CAPÍTULO 2

## OBJETIVOS E HIPÓTESIS

## **Capítulo 2. Objetivos e hipótesis**

### **Objetivo general de la tesis**

- Investigar variables de salud, rendimiento en una sesión de fuerza y aumento de tejido muscular en participantes entrenados en fuerza al aplicarse una DC.

Los objetivos propuestos en estas tesis fueron:

- Realizar una revisión sistemática sobre los efectos de las DC sobre los cambios en la masa muscular inducidos por programas de entrenamiento de fuerza en superávit energético

-Investigar los efectos de las DC combinadas con un entrenamiento de fuerza sobre la densidad y contenido mineral óseo en participantes entrenados en fuerza

-Analizar los efectos de una DC sobre el rendimiento neuromuscular durante la realización de una sesión de entrenamiento de fuerza

-Valorar el efecto de una DC sobre la presión arterial y la grasa visceral.

Asociadas a estos objetivos, se plantean las hipótesis:

- Las DC no mejoran la MLG más que una dieta omnívora en participantes entrenados en fuerza en superávit energético y mediante la aplicación de protocolos de fuerza.

- Una DC no tiene efectos negativos sobre la densidad mineral ósea o el contenido mineral óseo en sujetos entrenados.

- Los entrenamientos de fuerza con implementación de DC puede perjudicar el rendimiento en una sesión de fuerza mediante ejercicios tradicionales en sala de musculación.

- No se verán alterada la presión arterial, ni sistólica, ni diastólica.
- La grasa visceral no se verá alterada al no realizarse un déficit energético

# CAPÍTULO 3

## RESULTADOS

### Capítulo 3. Resultados

A continuación, se presentan los resultados de esta tesis, basado en tres artículos publicados.

Vargas-Molina, S.; Gómez-Urquiza, J.L.; García-Romero, J.; Benítez-Porres, J. Effects of the Ketogenic Diet on Muscle Hypertrophy in Resistance-Trained Men and Women: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2022**, *19*, 12629. DOI: [10.3390/ijerph191912629](https://doi.org/10.3390/ijerph191912629)

**Abstract:** Reviews focused on the ketogenic diet (KD) based on the increase in fat-free mass (FFM) have been carried out with pathological populations or, failing that, without population differentiation. The aim of this review and meta-analysis was to verify whether a ketogenic diet without programmed energy restriction generates increases in fat-free mass (FFM) in resistance-trained participants. We evaluated the effect of the ketogenic diet, in conjunction with resistance training, on fat-free mass in trained participants. Boolean algorithms from various databases (PubMed, Scopus. and Web of Science) were used, and a total of five studies were located that related to both ketogenic diets and resistance-trained participants. In all, 111 athletes or resistance-trained participants (87 male and 24 female) were evaluated in the studies analyzed. We found no significant differences between groups in the FFM variables, and more research is needed to perform studies with similar ketogenic diets and control diet interventions. Ketogenic diets, taking into account the possible side effects, can be an alternative for increasing muscle mass as long as energy surplus is generated; however, their application for eight weeks or more without interruption does not seem to be the best option due to the satiety and lack of adherence generated.

Vargas-Molina, S, Carbone, L, Romance, R, et al. Effects of a low-carbohydrate ketogenic diet on health parameters in resistance-trained women. *Eur J Appl Physiol*. **2021**;121 (8):2349–2359. DOI: [10.1007/s00421-021-04707-3](https://doi.org/10.1007/s00421-021-04707-3)

#### Abstract

**Purpose** The aim of this study was to evaluate the effect of a ketogenic diet on blood pressure, visceral adipose tissue (VAT), bone mineral content (BMC), and bone mineral density (BMD) in trained women. **Methods** Twenty-one resistance-trained women performed an 8-week resistance training program after a 3-week familiarization phase. Participants were randomly assigned to a non-ketogenic diet ( $n = 11$ , NKD) or ketogenic diet ( $n = 10$ , KD) group. Health parameters were measured before and after the nutritional intervention. Blood pressure was measured using a digital automatic monitor, while VAT, BMC, and BMD changes were measured by dual-energy X-ray absorptiometry. **Results** There was a significant reduction in systolic blood pressure in KD (mean  $\pm$  SD [IC 95%],  $P$  value, Hedges'  $g$ ;  $-6.3 \pm 6.0$  [ $-10.5, -2.0$ ] mmHg,  $P=0.009$ ,  $g=-0.81$ ) but not in NKD

( $-0.4 \pm 8.9$  [ $-6.8, 6.0$ ] mmHg,  $P=0.890$ ,  $g=-0.04$ ). The results on VAT showed no changes in both groups. The KD showed a small favorable effect on BMD ( $0.02 \pm 0.02$  [ $0.01, 0.03$ ]  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ ,  $P = 0.014$ ,  $g = 0.19$ ) while NKD did not show significant changes ( $0.00 \pm 0.02$  [ $-0.02, 0.02$ ]  $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ ,  $P = 0.886$ ,  $g = 0.01$ ). No differences in *group* or in the *time*  $\times$  *group* interaction were found in any of the variables. **Conclusions** Consuming a low-carbohydrate high-fat KD in conjunction with a resistance training program might help to promote the improvement of health-related markers in resistance-trained women. Long-term studies are required to evaluate the superiority of a KD in comparison to a traditional diet.

Salvador Vargas-Molina, Manuel García-Sillero, Diego A. Bonilla, Jorge L. Petro, Jerónimo García-Romero & Javier Benítez-Porres (2024) The effect of the ketogenic diet on resistance training load management: a repeated-measures clinical trial in trained participants, *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 21:1, 2306308, doi: [10.1080/15502783.2024.2306308](https://doi.org/10.1080/15502783.2024.2306308)

**Background:** The effect of low-carbohydrate high-fat dietary manipulation, such as the ketogenic diet (KD), on muscle strength assessment in resistance-training (RT) participants has focused on the one-repetition maximum test (1-RM). However, a pre-specified 1-RM value during an exercise training program disregards several confounding factors (i.e. sleep, diet, and training-induced fatigue) that affect the exerciser's "true" load and daily preparedness. We aimed to evaluate the effect of a 6-week RT program on load control-related variables in trained subjects following a KD intervention. **Methods:** Fourteen resistance-trained individuals (3F, 11 M; 30.1 [6.2] years; 174.2 [7.6] cm; 75.7 [10.8] kg; BMI 24.8 [2.1]  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) completed this single-arm repeated-measures clinical trial. Load management variables included volume load, number of repetitions, perceived exertion (RPE), movement velocity loss, and exertion index. These primary outcomes were assessed weekly before, during, and at the end of a 6-week RT program that included traditional RT exercises (bench press, femoral lying down, lat pulldown, leg extension, and back squat). **Results:** There was a significant difference in RPE between weeks ( $p = 0.015$ ,  $W = 0.19$ ) with a slight trend in decreasing RPE. We found differences in the volume load per week ( $p < 0.001$ ;  $W = 0.73$  and  $p < 0.001$ ,  $W = 0.81$ , respectively), with an increase in the last weeks. In the control of the load based on movement velocity, we did not find significant differences between weeks ( $p = 0.591$ ,  $W = 0.06$ ), although significant differences were found in the effort index ( $p = 0.026$ ,  $W = 0.17$ ). **Conclusions:** A KD diet in recreational strength participants does not appear to lead to performance losses during a RT program aimed at improving body composition. However, the lack of adherence and familiarity with the ketogenic diet must be considered specially during first weeks.

# CAPÍTULO 4

## DISCUSIÓN

## Capítulo 4. Discusión

Las variables de programación estudiadas en esta tesis se han evaluado en individuos entrenados en fuerza, no obstante, para un mejor entendimiento y contextualización se ha comparado con otras poblaciones debido a la escasa documentación existente.

### Composición Corporal (Reducción de grasa-aumento de masa muscular)

#### Reducción de tejido adiposo

La composición corporal en atletas entrenados tiene dos componentes diferenciados la reducción de tejido adiposo y el aumento de masa muscular. Por eso, a pesar de que, nuestra variable de estudio fue el tejido muscular, debemos desarrollar el concepto completo para llegar de manera más adecuada a nuestra variable. Las DC se proponen como alternativas para la reducción de peso (Dashti et al., 2006; Dashti et al., 2004). No obstante, el descenso en el tejido adiposo se rige actualmente por las leyes de la termodinámica, “calorías que entran por calorías que salen”, basada en la teoría CICO (Howell & Kones, 2017; Schwartz et al., 2017). Es decir, se requiere de un déficit energético para que se genere pérdida sustancial de tejido adiposo (Iraki et al., 2019). De hecho, la revisión de Kang et al., (2020) realizada en atletas y participantes con normo peso encontraron una modesta reducción de grasa y peso total en estudios sin restricción energética (Kang et al., 2020). En nuestra población de estudio participantes avanzados en el entrenamiento de fuerza y de CrossFit® en casi todas las investigaciones se consigue una reducción de tejido adiposo (Gregory et al., 2017; Kephart et al., 2018; LaFountain et al., 2019; Paoli et al., 2021; Vargas et al., 2018; Vargas-Molina et al., 2020) excepto

en una investigación donde se encontraron aumentos (Wilson et al., 2020) y en otra donde no hubo cambios en el tejido graso (Greene et al., 2018). Entre todas estas investigaciones se encuentran dos publicaciones de nuestro grupo de trabajo previas a esta tesis doctoral. No obstante, estos resultados tan favorables en estrategias cetogénicas no se debe al cambio de combustible energético *per se*, sino al efecto saciante que se genera en estado de cetosis (Gibson et al., 2015; Leidy et al., 2015; Westman et al., 2007). De hecho, se ha demostrado que las DC no son más efectivas que otro tipo de dietas con una restricción energética y consumo de proteínas similar (Aragon et al., 2017; Dansinger et al., 2005; Gardner et al., 2007). Por esta razón, se sigue priorizando la teoría CICO mencionada con anterioridad.

#### Hipótesis Carbohidratos-Insulina

A este respecto, debemos mencionar la *hipótesis carbohidratos-insulina*, que postula que, cuando consumimos menos CHO se reduciría la concentración de insulina en sangre, por tanto, incrementaría la lipólisis, permitiendo el aumento metabólico de los ácidos grasos por otras células. Esto se basó en una investigación desarrollada en modelos animales donde encontraron que una ingesta elevada de CHO inhibía la lipólisis y aumentaba la lipogénesis (Ludwig & Friedman, 2014). Por tanto, según esta hipótesis, niveles elevados de insulina se relacionan con aumento de peso y supresión del gasto energético, desarrollándose el concepto “ventaja metabólica”, no obstante, esta teoría no tiene suficiente sustento científico y desestimaría la actual propuesta de modelo CICO.

### Aumento y mantenimiento de tejido muscular

La aplicación de cetosis en diferentes poblaciones ha encontrado resultados dispares, donde se han informado incrementos en MLG en participantes de diferentes poblaciones o incluso estudios donde no se aplicó entrenamiento de fuerza (Amini et al., 2022).

En el caso de participantes entrenados con resultados publicados en revistas de alto impacto, tan solo la revisión de Koerich et al. (2023) se realizó en participantes entrenados, aunque estos eran de diferentes modalidades deportivas (Koerich et al., 2023).

En este caso, el principal problema que se plantea es precisamente la saciedad, es decir, basándonos nuevamente en las calorías que entran por las calorías que salen, al igual que si nuestro objetivo es reducir grasa, la saciedad que se genera ayuda a consumir menos calorías, puesto que se persigue un déficit energético, en el caso de la hipertrofia muscular se requiere un superávit energético (Iraki et al., 2019), y esta saciedad hace muy difícil la creación de tejido muscular, al dificultarse alcanzar dicho superávit. En nuestro estudio (Vargas-Molina et al., 2020), realizamos un control nutricional durante ocho semanas con el programa validado MyFitnessPal (Teixeira et al., 2018), donde las participantes de este estudio registraron las cantidades de alimentos prescritas y los macronutrientes planteados. Se prescribió inicialmente  $45 \text{ kcal} \cdot \text{kg} \cdot \text{MLG}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ , en ambos grupos y, el registro final fue que el grupo no-cetogénico alcanzó el total calórico de media establecido durante las ocho semanas de estudio, mientras que el grupo cetogénico

alcanzó una media menor,  $40 \text{ kcal}\cdot\text{kg}\cdot\text{MLG}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ . Esto nos reveló la falta de adherencia y de saciedad que se puede generar con este tipo de estrategia nutricional, tabla 4.

**Tabla 4**

*Calorías y macronutrientes consumidos. (Vargas-Molina et al., 2020)*

	Dieta cetogénica	Dieta no-cetogénica	p-value
Proteínas	g-d-1	115.1 ± 17.7	97.3 ± 7.6
	% kcal Total	26.8 ± 2.3	19.7 ± 1.4
Carbohidratos	g-d-1	38.6 ± 4.5	282.1 ± 25.1
	% kcal Total	9.1 ± 1.3	57.0 ± 1.9
Lípidos	g-d-1	121.7 ± 11.8	51.3 ± 4.6
	% kcal Total	64.1 ± 2.3	23.3 ± 1.6
Calorías	kcal·kg·MLG·d-1	40.1 ± 2.7	45.5 ± 1.6
	kcal-d-1	1710.4 ± 160.0	1979.6 ± 140.0

No obstante, hay que resaltar que en las investigaciones realizadas en participantes avanzados en fuerza no se encontraron cambios negativos en el descenso de masa magra (Gregory et al., 2017; Kephart et al., 2018; Paoli et al., 2021; Vargas et al., 2018; Vargas-Molina et al., 2020), excepto en la investigación de Greene et al., (2018). Por otro lado, cabe resaltar que la investigación de Wilson et al., (2020) encontró aumentos significativos en la masa libre de grasa evaluada por DXA. Esto es muy interesante, porque fue la única investigación que realizó una reintroducción de CHO en la última semana. Sabemos que, cuando se reducen los CHO en la dieta se reduce la cantidad de agua intracelular, glucógeno, proteínas y los contenidos del tracto gastrointestinal, por eso da una pérdida de peso total muy rápida (Hall et al., 2021). Pero esto no significa ni que se haya perdido tejido adiposo, ni que se haya perdido masa muscular. Sabemos además que la densitometría dual de rayos evalúa la masa grasa y la masa libre de grasa. Dentro de esta masa libre de grasa se encuentran, como vimos tejido muscular y agua, si desciende la masa libre de grasa, descienden ambos componentes. De modo que, si hacemos una evaluación previa con los tanques de glucógeno repletos y otra a las 8-10 semanas con los tanques de glucógeno vacíos, la cantidad de masa libre de grasa se verá

reducida, por tanto, no podremos saber exactamente si se ha perdido músculo o no. Por esta razón, la reintroducción de CHO llevada a cabo por Wilson et al., (2020) puede ser la estrategia más acertada. Y, por esta misma razón, la resonancia magnética o los ultrasonidos pueden ser técnicas de evaluación más adecuadas para evaluar el tejido muscular (Franchi et al., 2018).

De hecho, la falta de evidencia generalizada en el posible aumento de tejido muscular en participantes avanzados ha dado lugar a una de las investigaciones de esta tesis. Concretamente, realizamos una revisión con metaanálisis (Vargas-Molina, Gomez-Urquiza, et al., 2022), donde concluimos y exponemos de manera general que se puede conseguir aumentos de tejido muscular con DC siempre que se genere un superávit energético, aunque no es la mejor estrategia cuando el objetivo es la hipertrofia muscular debido a la falta de adherencia y saciedad que genera. Estos datos coinciden con los expuestos en otra revisión reciente, (Tzenios et al., 2023), donde concluyen que bajo ciertas condiciones la DC podría favorecer el crecimiento muscular en atletas y entusiastas del fitness.

#### Bases moleculares y su relación con la hipertrofia muscular

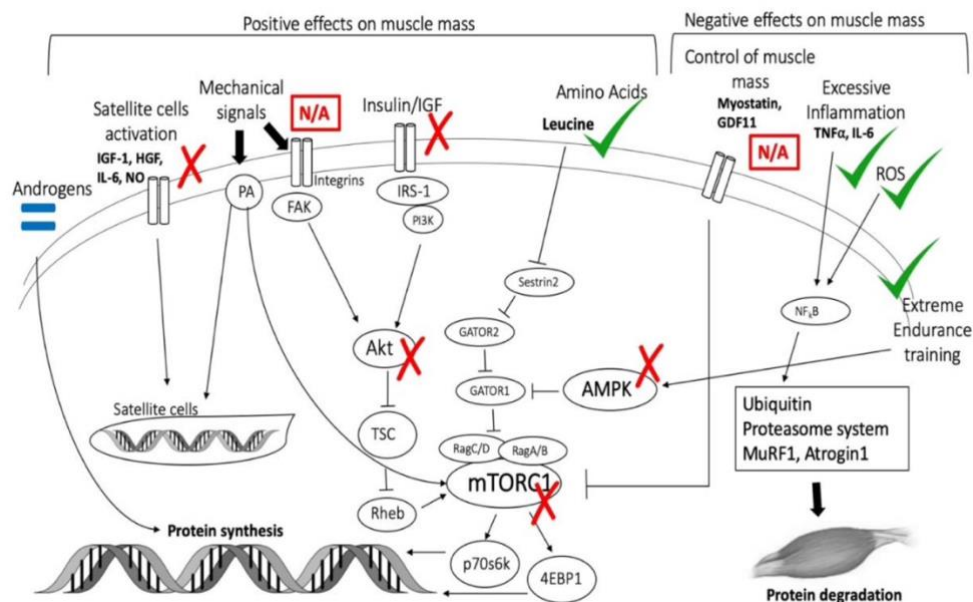
Además, desde el punto de vista molecular debemos destacar que actualmente se conocen tres vías de señalización que se relacionan con el aumento de tejido muscular (además de, la biogénesis mitocondrial y de la homeostasis metabólica). Concretamente la vía IGF 1/AKT/mTOR, la vía FOXO/MuRF1 y la vía AMPK/PGC1 alfa. Como sabemos se requiere de una carga mecánica mínima que pase del umbral de excitación para activar la cadena de señalización de la síntesis de proteínas miofibrilares (Dankel et al., 2017), hablamos de un 30% de la repetición máxima. Pues esta tensión mecánica

generada sobre la célula muscular estaría regulada por la isoforma mTORC1, que estaría dentro de la cascada de señalización de IGF-AKT-mTOR.

¿Y qué ocurre con la DC y estos parámetros moleculares? Todo lo que interesa para que se dé el proceso de síntesis proteica se ve influenciado negativamente. Es decir, la IGF-1 descendería considerablemente, al igual que otros parámetros relacionados con la hipertrofia muscular, como la activación de células satélite, de interleukina 6 o el factor de crecimiento mecánico (MGF) (Paoli, Cancellara, et al., 2019), como observamos en la figura 4. Esto nos llevaría a que la cascada de señalización se viera reducida y en el peor de los casos inhibida, y, por tanto, perjudique desde el punto de vista molecular la activación óptima de síntesis proteica.

**Figura 4**

DC y vías de señalización en la síntesis de proteínas (Paoli, Cancellara, et al., 2019)



Observamos, por tanto, que, desde el punto de vista molecular, la cetosis no parece que favoreciera un entorno anabólico óptimo, no obstante, la investigación a nivel molecular se encuentra actualmente por dilucidar.

### Fuerza y rendimiento

Por otro lado, el rendimiento en una sesión de entrenamiento de fuerza en individuos avanzados, atletas o de nivel recreativo que estén bajo una DC se ha evaluado mediante la repetición máxima (1-RM). La 1-RM es un parámetro de evaluación que se usa para valorar la capacidad en los niveles de fuerza, puede indicar el nivel de entrenamiento de un sujeto, estableciéndose un umbral mínimo de carga levantada para valorar si es individuo avanzado o no (McRoberts, 2013).

A este respecto, hay datos contradictorios, puesto que en la revisión de Koerich et al., (2023) no encontraron mejoras en la 1-RM en atletas avanzados, aunque, cabe resaltar que se trata de individuos avanzados en diferentes modalidades deportivas, por lo que se sale de la población de estudio de esta tesis (Koerich et al., 2023). En la mayoría de las investigaciones que evalúan el impacto de las DC en la 1-RM en participantes avanzados en fuerza o encuentran resultados favorables tras la aplicación de DC o no encuentran descensos en esta prueba (Kephart et al., 2018; Kysel et al., 2020; LaFountain et al., 2019; Paoli et al., 2021; Wilson et al., 2020). Curiosamente, los únicos resultados que no favorecieron el aumento de la 1-RM fue el realizado por nuestro grupo de trabajo Vargas-Molina et al., (2020). No obstante, debemos resaltar que la 1-RM no parece que sea la técnica de evaluación más apropiada para este objetivo, puesto que son pruebas de máxima intensidad y de corta duración, siendo la fosfocreatina el sustrato principal

utilizado (Kang, 2018). Esto puede ser útil en modalidades como powerlifting o halterofilia, pero no para evaluar el rendimiento en una sesión de entrenamiento con objetivo en la hipertrofia muscular.

Además, debemos diferenciar entre la monitorización de la carga externa (metros recorridos, carga levantada...) y la carga interna (frecuencia cardiaca, lactato en sangre o percepción subjetiva del esfuerzo) (Akenhead & Nassis, 2016). En nuestro caso, hemos utilizado la escala de esfuerzo percibido correlacionada con las repeticiones en la recámara (RIR) y la escala de esfuerzo subjetivo de la sesión (sRPE) para cuantificar la carga interna.

La escala de esfuerzo percibido es una herramienta que sirve para valorar el grado de esfuerzo o sensación que se obtiene durante un entrenamiento, no obstante, este tipo de escalas se han multiplicado, validándose desde diferentes disciplinas. Desde que el fisiólogo sueco Gunnar Borg (Borg & Dahlstrom, 1962) validara su primera escala encaminada a la cuantificación subjetiva de la carga interna intra sesión, surgieron otras a posteriori, mediante *Thera band* (Colado et al., 2014), en poblaciones de edad avanzada mediante bandas elásticas (Colado et al., 2018), resistencia elástica (Colado et al., 2020), en edad infantil (Peña et al., 2016), además de otras modalidades como *aquatic cycling* (Colado & Brasil, 2019). No obstante, en nuestro caso centrado en el entrenamiento de la fuerza, esta escala de 1-10 fue validada hace más de 20 años (Robertson et al., 2003). Aunque, la cuantificación de carga interna intra sesión durante el ajuste de cargas en nuestras investigaciones se han basado en la correlación entre RPE y las repeticiones que faltan para llegar al fallo concéntrico (RIR, “reps in reserve” por sus siglas en inglés) (Zourdos et al., 2016). No obstante, en la última investigación de esta tesis (Vargas-

Molina et al., 2024) se ha evaluado también el esfuerzo percibido al acabar la sesión (Foster et al., 2001) donde hacemos uso del concepto de percepción de la sesión de entrenamiento, (sesión-RPE), donde hemos valorado la intensidad y duración de la sesión. Mientras que, el tiempo se reportaba en minutos, la intensidad respondía a la pregunta ¿Cómo fue tu entrenamiento?, en una escala del 1 al 10, aunque, modificada y haciendo referencia a la percepción de la intensidad media de la sesión. A este respecto, hemos evaluado sRPE pre-aplicación de DC y en cada una de las seis semanas posteriores, justo al acabar la sesión de entrenamiento, con los resultados expuestos en el estudio y comentados en las conclusiones. En nuestro caso, se encontró una ligera disminución de las sensaciones subjetivas al acabar las sesiones a medida que avanzaban las semanas con valores que oscilaron de 7.5 hasta 7 en la última semana, en la escala de 1 a 10 (Foster et al., 1996). Sobre todo, hubo un aumento en las sensaciones en las primeras semanas para observar un descenso a posteriori, esto puede deberse al cambio metabólico que se produce entre el uso de glucosa y el uso de cuerpos cetónicos.

La otra variable utilizada para valorar el grado de esfuerzo es la propuesta por Rodriguez-Rosell et al., (2018), donde se analiza la respuesta mecánica y metabólica de protocolos de fuerza (Rodriguez-Rosell et al., 2018). Para ello, se tienen en cuenta dos variables, la velocidad media de la primera repetición y el porcentaje de pérdida de velocidad en una serie. El producto de estas dos variables es lo que se denomina índice de esfuerzo y se utiliza como indicador del grado de fatiga inducida. Varias investigaciones han usado el índice de esfuerzo, incluido desde nuestro grupo de trabajo (Garcia-Sillero et al., 2022; Garcia-Sillero et al., 2023) en investigaciones paralelas a esta tesis. Esta variable iría de la mano de la otra variable evaluada en esta tesis, la pérdida de velocidad en la serie.

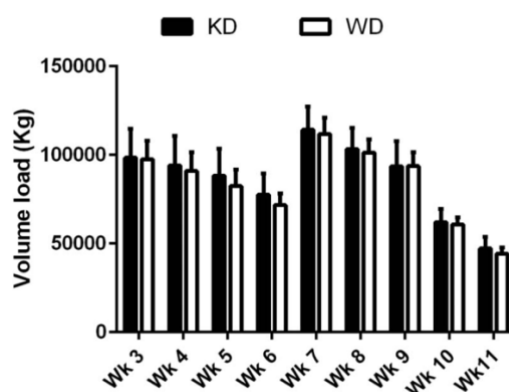
La utilización de esta variable, pérdida de velocidad, desde la investigación y su extrapolación al entrenamiento se basa en la poca viabilidad que puede tener cuantificar la intensidad del esfuerzo realizado atendiendo al % de 1-RM donde se han encontrado bastantes limitaciones (Conceicao et al., 2016) o al número de repeticiones máximas ante una carga relativa. A este respecto, diferentes sujetos que realizan el mismo número de repeticiones y con la misma carga pueden generar un esfuerzo diferente (Rodríguez-Rosell et al., 2020). Por esta razón, se empezó a monitorear la pérdida de velocidad en la serie como una variable más fiable a la hora de valorar el grado de esfuerzo de un sujeto (Gonzalez-Badillo & Sanchez-Medina, 2010) y el volumen alcanzado (Gonzalez-Badillo et al., 2017).

De esta manera, según algunos investigadores, monitorear el entrenamiento de fuerza teniendo en cuenta la velocidad media de la primera repetición y el porcentaje de la pérdida de velocidad sobre la carga empleada en la serie puede ser la mejor opción (Gonzalez-Badillo et al., 2017). Basándonos en la evidencia expuesta, hemos incorporado tanto la pérdida de velocidad, como el índice de esfuerzo en las variables a evaluar en esta tesis (Vargas-Molina et al., 2024). Concretamente, cuando se aplica una DC durante seis semanas, ¿pueden verse afectados estos parámetros? A este respecto, no tenemos constancia que se haya investigado hasta la fecha conjuntamente la reducción de CHO hasta alcanzar la cetosis con estas variables en participantes entrenados. En nuestros resultados sobre el control de la carga en función de la velocidad del movimiento no encontramos diferencias significativas entre semanas ( $p = 0,591$ ,  $W = 0,06$ ), aunque sí en el índice de esfuerzo ( $p = 0,026$ ,  $W = 0,17$ ), desde la primera hasta la última semana.

Si tenemos en cuenta la población objetivo de esta tesis, hombre y mujeres, entrenados en fuerza recreativos y atletas con un perfil basado en el cambio en la composición corporal (hipertrofia y reducción de grasa), debemos considerar varias premisas: a) que el volumen es la principal variable de programación (Figueiredo et al., 2018; Vann et al., 2022), b) que dicho volumen puede cuantificarse mediante el número de series totales (Baz-Valle et al., 2021), aunque también, de la manera tradicional, atendiendo al volumen total, sobre todo cuando el número de repeticiones es inferior a cinco (Baz-Valle et al., 2021). Recordemos que el volumen total se definiría como series x repeticiones x carga, por tanto, si aumenta el número de repeticiones totales aumentaría el volumen total (Iglesias-Soler et al., 2014), al igual, que si se incrementa la carga (Campos et al., 2002). A este respecto, pocas investigaciones de participantes avanzados en fuerza con aplicación de DC han incorporado en sus investigaciones estos parámetros. Por un lado, en cuanto al volumen total (“volumen load” (series x repeticiones x carga) en inglés) no se encontraron diferencias entre grupos en ningún momento de la investigación tal y como se muestra en la figura 5 (Wilson et al., 2020).

**Figura 5**

*Volumen de la carga (volumen load) (Wilson et al., 2020).*



De la misma manera tampoco hubo diferencias significativas entre grupos, tabla 5 (LaFountain et al., 2019), o el estudio de Greene et al., (2018) donde tampoco

encontraron diferencias entre grupos, cuando se evaluó la carga de entrenamiento total o incluso cuando se relacionó con el total de minutos trabajados por cada grupo (Greene et al., 2018).

**Tabla 5**

*Modificado. Diferencias entre volumen total y total de repeticiones (LaFountain et al., 2019).*

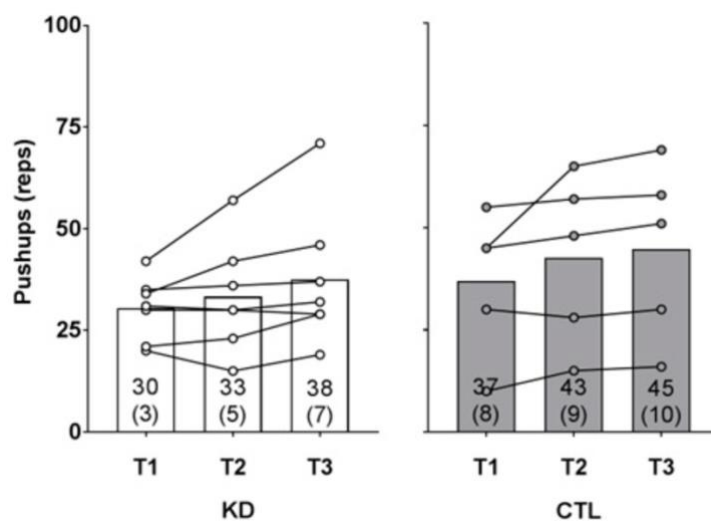
	NO Cetogénico = 14	Cetogénico	p-value
Asistencia			
Sesiones	15.4 ± 3.4	15.0 ± 3.1	0.727
% Porcentajes	87.7 ± 2.1	84.0 ± 12.4	0.378
Volumen total (repeticiones)	833.9 ± 166.4	863.1 ± 142.1	0.615
Sentadillas	233.1 ± 23.8	236.2 ± 36.2	0.770
Press banca	233.4 ± 35.4	236.2 ± 34.1	0.832
Peso muerto	147.5 ± 34.6	157.3 ± 41.8	0.498
Press tras nuca	95.6 ± 46.2	115.7 ± 37	0.205
Remo	86 ± 51	74.7 ± 24.5	0.447
“Clean”	38.2 ± 18.6	43.2 ± 16.6	0.460
Total kilos levantados	50,523.1 ± 13,835.4	55,802.9 ± 15,209.3	0.338
Sentadillas	17,673.1 ± 4,740.4	20,084.9 ± 5,4604.4	0.216
Press banca	14,054.5 ± 4,774.3	15,157.4 ± 5,227.7	0.559
Peso muerto	9,911.5 ± 2,591.8	11,760.1 ± 3,886	0.146
Press tras nuca	3,130.6 ± 1,532.2	3,994.9 ± 1,418.3	0.149
Remo	3,755.5 ± 2,747.6	2,794.2 ± 1,180.9	0.226
“Clean”	1,997.4 ± 972.8	2,208.6 ± 1,181.9	0.610

A diferencia de nuestra investigación (Vargas-Molina et al., 2024) donde no comparamos grupos, pero sí, el mismo grupo que hizo cetosis en diferentes semanas. Pudimos, observar que, el volumen de la carga generó diferencias por semana ( $P < 0,001$ ;  $W = 0,73$  y  $P < 0,001$ ,  $W = 0,81$ , respectivamente), con un aumento en las últimas semanas de investigación.

Además, si hablamos del volumen de la carga, como se ha especificado, haría referencia a *series x repeticiones x carga*, de esta manera, si se modifica alguno de sus componentes, el volumen total sería diferente. A este respecto, hemos evaluado el total de repeticiones alcanzadas durante las sesiones de entrenamiento. La investigación de Kephart et al., (2018) evaluaron el número total de repeticiones alcanzado en las “flexiones en suelo” (push up, en inglés), en este caso hubo un aumento de repeticiones totales en ambos grupos, pero sin diferencias entre el grupo cetogénico y el no-cetogénico, figura 6.

Figura 6

Número de repeticiones totales en flexiones en suelo (Kephart et al., 2018).



Nuevamente, desde nuestra investigación (Vargas-Molina et al., 2024) encontramos aumentos significativos desde la primera semana hasta la última en cuanto al número de repeticiones alcanzados en la sesión de entrenamiento al aplicarse DC (170.5/190).

#### Parámetros de salud

#### Bio marcadores sanguíneos

Cabe resaltar que los bio-marcadores sanguíneos no se han presentado como variables principales en los tres artículos de esta tesis, pero si que se han estudiado en nuestros protocolos, concretamente en mujeres entrenadas en fuerza, datos presentados en congreso. Puesto que la variable de estudio se basa en el aumento de grasas en la dieta es importante discutir que impacto puede tener en esta población. La evaluación de bio-marcadores sanguíneos, concretamente, glucosa, triglicéridos, HDL-C, LDL-C y colesterol total se relaciona con enfermedades cardio metabólicas (Cosentino et al., 2023). No obstante, el entrenamiento de fuerza ha demostrado prevenir y mejorar estos bio-

marcadores (Cornelissen et al., 2011). Por tanto, presumiblemente en participantes entrenados en fuerza, como es nuestro caso, no debería haber desórdenes en estos parámetros. De hecho, la incorporación de la DC puede generar cambios en algunos de ellos. Concretamente, se han encontrado disminuciones en el colesterol total (Dashti et al., 2006) e incrementos en el HDL (Brinkworth et al., 2009; Foster et al., 2010; Tay et al., 2014), y reducciones en los triglicéridos (Dashti et al., 2006; Tay et al., 2014), aunque estos resultados se encontraron en pacientes obesos. Aun así, los aumentos en el volumen, así como el tamaño de las moléculas de LDL-C se relacionan con una reducción del riesgo cardiovascular, puesto que reducen las placas de ateroma, según algunos investigadores (Volek et al., 2005). No obstante, cabe resaltar que algunas investigaciones encontraron aumentos significativos en el LDL-C (Brinkworth et al., 2009; Foster et al., 2010), aunque, estas dietas están compuestas principalmente por grasas saturadas, y, los posibles efectos perjudiciales se minimizan cuando se usan grasas poliinsaturadas en estas dietas. Por tanto, según la revisión de Kosinski & Jornayvaz (2017), se requieren más estudios para evaluar mejor los efectos del uso a largo plazo de DC sobre las enfermedades metabólicas y los factores de riesgo cardiovascular, además, de comprobar mejor si el uso de grasas poliinsaturadas sobre las saturadas confiere un beneficio extra (Kosinski & Jornayvaz, 2017). Aun así, y en la cúspide de la investigación tenemos dos Umbrellas, con metaanálisis; a) Chen et al., y Patikonrn et al., ambas publicadas recientemente, 2023. En la primera de ellas (Chen et al., 2023), se evaluaron 23 metaanálisis con análisis cuantitativos. Los resultados encontraron que los niveles de colesterol LDL-C, y colesterol total aumentaron significativamente, al igual que el HDL-C. Cabe resaltar que esta Umbrella se realizó en pacientes obesos o con sobrepeso, con diabetes o cáncer, tan solo tres investigaciones no pertenecían a esa población, dos realizadas en atletas (Cao et al., 2021; Lee & Lee, 2021) y otra en participantes saludables (Ashtary-Larky, Bagheri,

Asbaghi, et al., 2022). En el segundo Umbrella realizado sobre 17 metaanálisis, los resultados mostraron aumentos significativos en colesterol LDL-C y colesterol total, además de, incrementos del colesterol HDL-C (Patikorn et al., 2023). Aunque, se encontraron una reducción de triglicéridos respaldado con una alta evidencia. Este segundo Umbrella se realizó igualmente sobre pacientes obesos, con sobrepeso, diabéticos o con cáncer, pero, excluyendo los mismos tres estudios del Umbrella anterior, además de añadirle la incorporación de la investigación realizada por nuestro grupo de trabajo (Vargas-Molina, Gomez-Urquiza, et al., 2022), y que forma parte de esta tesis, que fue citada en esta Umbrella.

No obstante, ¿qué dictan los datos en atletas? La revisión y meta-análisis de Lee & Lee (2021), realizada sobre atletas profesionales que consumieron DC encontraron aumentos significativos en el colesterol total en comparación con los que no consumieron dicha dieta. Por el contrario, el HDL y el nivel de glucosa se mantuvieron sin cambios, cabe resaltar que, la población eran ciclistas, corredores y atletas de fuerza (Lee & Lee, 2021).

Esto nos indica la reducida documentación que evalúa estos valores en sangre sobre participantes que entrenan fuerza exclusivamente, como objetivo prioritario. A este respecto, el estudio de Kephart et al., (2018) realizado en crosfiteros, no encontraron cambios entre grupos en el HDL-C y triglicéridos, aunque el LDL-C incrementó un 35% en el grupo DC. En la misma línea, nuestro grupo de trabajo publicó parte de los datos de esta tesis en mujeres entrenadas en fuerza en el congreso ACSM 2022 (Vargas-Molina, Bonilla, et al., 2022), donde también encontramos aumentos de LDL-C en mujeres

entrenadas, al igual que colesterol total, no obstante, los triglicéridos y el HDL-C, permanecieron sin cambios.

La investigación de Wilson et al., (2020) realizada sobre hombres entrenados en fuerza, no encontró cambios en el colesterol total ni en el HDL-C en ninguno de los dos grupos. Aunque, hubo una tendencia mayor del HDL para el grupo DC en comparación al no-cetogénico.

Por el contrario, la investigación realizada sobre culturistas por el grupo de Paoli et al., (2021), encontraron mejoras en el perfil lipídico solo a favor del grupo DC, tal y como apreciamos en la figura 8. Observamos como el HDL-C aumentó solo en el grupo DC y disminuyó en el grupo no cetogénico. El colesterol total, el LDL-C y los triglicéridos disminuyeron considerablemente en el grupo DC en comparación al grupo que no realizó cetosis (Paoli et al., 2021).

**Tabla 6**

*Modificado. Perfil lipídico (Paoli et al., 2021)*

	DIETA CETOGÉNICA (N=9)		DIETA NO-CETOGÉNICA (N=10)		p-Dieta	p-Time	Time x Dieta
	PRE	POST	PRE	POST			
<b>PERFIL LIPÍDICO</b>							
<b>Colesterol Total (mg/dL)</b>	194.78 ± 8.88	187.89 ± 10.15	193.90 ± 18.18	190.60 ± 16.73	ns	0.0072	ns
<b>HDL (mg/dL)</b>	57.22 ± 3.33	60 ± 3.33	52.5 ± 6.11	51.80 ± 5.05	0.0072	ns	0.0039
<b>LDL (mg/dL)</b>	113.33 ± 8.88	108 ± 10.28	118.60 ± 20.64	116.20 ± 18.39	ns	ns	ns
<b>TG (mg/dL)</b>	121 ± 26.7	99.22 ± 19.72	114.70 ± 13.21	112.70 ± 13.06	ns	<0.0001	0.0003
<b>Transaminasas</b>							
<b>AST (mg/dL)</b>	38.78 ± 2.82	38.44 ± 2.54	39.10 ± 3.67	39.30 ± 4.11	ns	ns	ns
<b>ALT (mg/dL)</b>	43.11 ± 6.51	38.56 ± 3.30	42.10 ± 6.59	44.80 ± 5.92	ns	ns	0.0086
<b>Hormonas anabólicas</b>							
<b>Testosterona total (nmol/L)</b>	21.76 ± 5.33	19.32 ± 4.09	20.96 ± 5.13	21.27 ± 4.91	ns	0.0094	0.0016
<b>IGF-1 (ng/mL)</b>	213.33 ± 39.41	181.5 ± 25.93	222.40 ± 4.27	219.80 ± 23.42	ns	0.0050	0.0124

### Grasa visceral

El incremento de la grasa visceral se relaciona con un aumento en la probabilidad de patologías como diabetes tipo 2, arteriosclerosis y diferentes enfermedades

cardiovasculares (Alexopoulos et al., 2014; Neeland et al., 2019). Se han encontrado relaciones positivas en la pérdida de grasa visceral cuando se aplicó DC, en individuos obesos (Cunha et al., 2020; Moreno et al., 2016). Incluso los datos aportados por (Moreno et al., 2016) reflejan una reducción de 600 g vs. 202 g de grasa visceral en comparación con pacientes que no estaban realizando DC. Aunque, estos resultados también son aportados por participantes entrenados en fuerza, como es el caso de nuestro estudio (Vargas et al., 2018). No obstante, al igual que ocurrió en otras investigaciones, en nuestro estudio no se llevó registro nutricional por parte de los participantes, esto puede indicarnos que no se esté llegando al total calórico establecido en dicho estudio ( $39 \text{ kcal}\cdot\text{kg}\cdot\text{MLG}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ). Esto mismo sí se hizo en nuestra publicación en mujeres entrenadas (Vargas-Molina, Carbone, et al., 2021), perteneciente a esta tesis doctoral, donde a pesar de que no llegaron al total calórico prescrito, se mantuvieron en ( $40 \text{ kcal}\cdot\text{kg}\cdot\text{MLG}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ) aproximadamente, tal y como apreciamos en la figura 7. En este caso, no hubo descensos en los niveles de grasa visceral en el grupo cetogénico. Esto nos lleva a que el principal factor para reducir la grasa visceral no es la manipulación de nutrientes, en este caso, reducción de CHO, sino a la reducción de calorías totales en la dieta, por tanto, se requiere de un déficit calórico para generar pérdida de grasa visceral.

**Tabla 7**

*Modificado Total calórico establecido. (Vargas-Molina, Carbone, et al., 2021)*

Parámetros	Unidades	Dietas cetogénicas	Dietas NO cetogénicas	Valor p
<b>Energía</b>	$\text{kcal}\cdot\text{kg}\cdot\text{FFM}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$	<b><math>40.1 \pm 2.7</math></b>	<b><math>45.5 \pm 1.6</math></b>	<0.05
	$\text{kcal}\cdot\text{d}^{-1}$	$1710.4 \pm 160.0$	$1979.6 \pm 140.0$	1
<b>Proteínas</b>	$\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$	$115.1 \pm 17.7$	$97.3 \pm 7.6$	12
	% kcal Total	$26.8 \pm 2.3$	$19.7 \pm 1.4$	<0.05
	$\text{g}\cdot\text{kg}\cdot\text{FFM}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$	$2.7 \pm 0.3$	$2.2 \pm 0.1$	2
<b>Carbohidratos</b>	$\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$	$38.6 \pm 4.5$	$282.1 \pm 25.1^a$	<0.05
	% kcal Total	$9.1 \pm 1.3$	$57.0 \pm 1.9$	<0.05
	$\text{g}\cdot\text{kg}\cdot\text{FFM}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$	$0.9 \pm 0.1$	$6.5 \pm 0.4$	<0.05
<b>Lípidos</b>	$\text{g}\cdot\text{d}^{-1}$	$121.7 \pm 11.8^b$	$51.3 \pm 4.6$	<0.05
	% kcal Total	$64.1 \pm 2.3$	$23.3 \pm 1.6$	<0.05
	$\text{g}\cdot\text{kg}\cdot\text{FFM}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$	$2.9 \pm 0.2$	$1.2 \pm 0.1$	<0.05

### Densidad y contenido mineral óseo

El contenido y densidad mineral ósea se relaciona con la falta de actividad física (Armamento-Villareal et al., 2020), concretamente la ausencia de carga mecánica que desencadene la preservación o generación de trabéculas (Kemmler et al., 2020). Lo que hará que el entrenamiento de fuerza bien estructurado y programado sea factor indispensable para evitar patologías como la osteopenia u osteoporosis (Shojaa et al., 2020). A este respecto, nuevamente, participantes que entrenan fuerza no deberían tener problemas en la pérdida de tejido óseo. No obstante, la incertidumbre se plantea cuando se realizan dietas restrictivas, donde el total energético es demasiado bajo con las posibles repercusiones negativas sobre el hueso. Una disponibilidad energética baja puede causar deterioros en el ciclo menstrual (Loucks, 2003), y desórdenes hormonales que pueden afectar al tejido óseo (Loucks & Thuma, 2003). Concretamente, cuando se baja de umbrales promedios de 24 Kcal/kg/MLG (Loucks & Thuma, 2003). Entre otras razones por las cuales el deterioro óseo comienza antes en las mujeres que los hombres por su entrada en la menopausia (Ramirez-Villada et al., 2016). De hecho, su umbral crítico de disponibilidad energética se encuentra más bajo que en mujeres, entre 20-22 Kcal/kg/MLG (Loucks & Thuma, 2003). Por tanto, como hemos expuesto en apartados anteriores una DC es una estrategia potencial para no alcanzar las calorías propuestas debido a la saciedad generada, tal y como se ha demostrado (Vargas-Molina, Carbone, et al., 2021). Por ende, si las calorías iniciales propuestas se encuentran en valores de déficit energético, se especula que puede atravesar el umbral de deficiencia energética, sobre todo cuando se alarga en el tiempo y perjudicar el tejido óseo.

Desde nuestro grupo de trabajo se ha investigado un protocolo de restricción energética severa donde mantuvimos a mujeres entrenadas durante ocho semanas con una prescripción inicial de 25 Kcal/kg/MLG, aunque como apreciamos en la tabla 8, no pudieron mantener dichas calorías por tanto tiempo, y la media alcanzada fue de 29 kcal/kg/MLG, aun así, los valores eran muy bajos, a este respecto (Vargas-Molina et al., 2023).

**Tabla 8**

*Modificado. Calorías totales y distribución de macronutrientes. Comparación de dieta restrictiva severa (SER), contra restricción energética progresiva (PER) (Vargas-Molina et al., 2023).*

Grupos	Semanas	Proteínas	Carbohidratos	Lípidos	Consumo calórico		p
		(g/kg-FFM/d)	(g/kg-FFM/d)	(g/kg-FFM/d)	(kcal/kg-FFM/d)	(kcal/d)	
Restricción progresiva	1-2	2.6 ± 0.1	4.2 ± 0.2	1.4 ± 0.1	39.1 ± 0.7	1670.8 ± 220.3	10
	3-4	2.5 ± 0.1	3.4 ± 0.3	1.3 ± 0.1	35.0 ± 0.6	1492.4 ± 176.9	167
	5-6	2.4 ± 0.1	2.0 ± 0.5	1.3 ± 0.2	29.0 ± 0.6	1236.6 ± 151.4	120
	7-8	2.5 ± 0.2	1.4 ± 0.4	1.2 ± 0.2	25.9 ± 0.5	1101.8 ± 131.0	3
Restricción severa	1-8	2.6 ± 0.2	1.2 ± 0.5	1.6 ± 0.2	29.5 ± 0.6	1367.0 ± 140.0	-

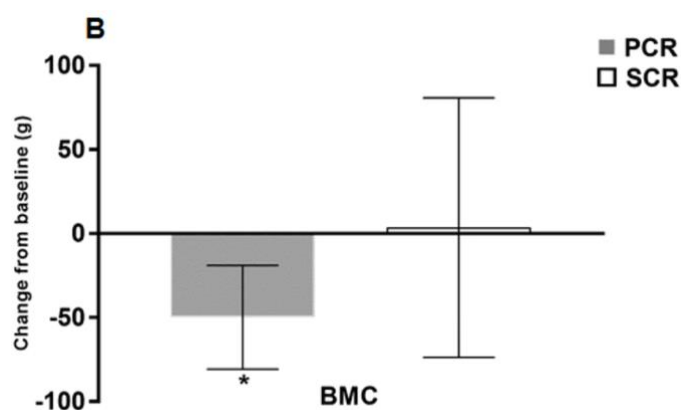
Los resultados mostrados por el DXA no fueron negativos para la salud ósea, donde no se encontraron pérdidas de este tejido, en el grupo que hizo la restricción severa, pero curiosamente, sí se encontraron descensos en el grupo que hizo restricción progresiva, figura 7, no obstante, no podemos asegurar que estas mujeres estuvieran en DC, aunque sí estaban en “low carb”. Cabe resaltar que estos últimos datos están sin publicar por nuestro grupo. Las posibles razones de que el grupo que hizo una restricción progresiva hayan generado pérdidas de tejido óseo es una incertidumbre, porque a pesar de que el entrenamiento propuesto era muy demandante (entrenamiento concurrente, 170 minutos de ejercicio cardiovascular a la semana más entrenamiento de fuerza en súperseries con alto volumen), lo hicieron ambos grupos. Más allá de las diferencias individuales y de la limitación de la muestra (7 vs. 7), donde la potencia estadística se ve muy reducida.

Debemos recordar que, en algunos casos, un descenso de la masa grasa se relaciona con un descenso de tejido óseo (Bosy-Westphal et al., 2011). Además, qué dietas hipocalóricas se han relacionado con ingestas elevadas de fósforo y relativamente bajas de calcio, llevándonos a una relación Ca:P disminuida (Pinheiro et al., 2009) con los posibles efectos perjudiciales en el tejido óseo. Además, se ha especulado que cuando se incrementa la dosis en proteínas, asociada con una restricción importante de CHO, se genera una acidosis metabólica, y por ende, puede acabar en una posible pérdida de masa ósea (Wachman & Bernstein, 1968). En este caso, como podemos observar la media de consumo en proteínas era alta (entre 2,5 y 2,6 g/kg/peso corporal), aunque, nuevamente, en ambos grupos.

Más allá de esto, no parece lo normal, puesto que eran mujeres entrenadas, estos resultados requieren de más investigación que aclaren estos resultados.

#### Figura 7

Densidad y contenido mineral óseo. Datos sin publicar. PCR (Restricción progresiva), SCR (Restricción severa) (Vargas-Molina et al., 2023)



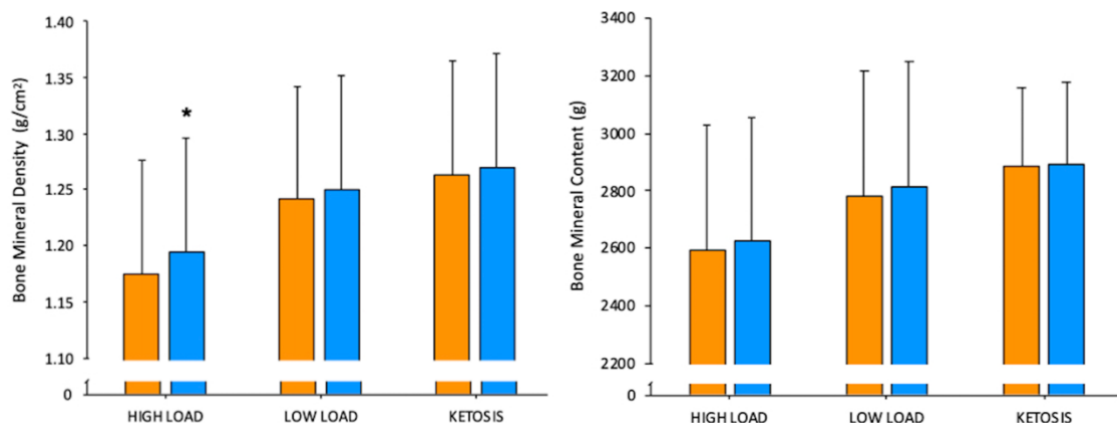
Hemos detallado anteriormente los orígenes de la DC en niños con epilepsia, cabe destacar que en este tipo de población sí que se han encontrado efectos negativos en la

salud ósea a largo plazo como consecuencia de un ambiente ácido crónico (Bertoli et al., 2014), además de efectos negativos a corto plazo en atletas de élite de resistencia (Heikura et al., 2019). No obstante, se ha investigado también los efectos de la DC en pacientes con deficiencia de GLUT-1 DS, donde estos autores concluyen que una DC por cinco años no presenta ningún efecto negativo sobre la salud ósea (Bertoli et al., 2014). Incluso en adultos obesos sanos tampoco se ha encontrado deterioro óseo a corto plazo (Colica et al., 2017; Perissiou et al., 2020).

De hecho, desde nuestro grupo hemos encontrado aumento en la densidad mineral ósea en el grupo que hizo cetosis en comparación con el grupo que no lo hizo, y en cuanto al contenido mineral óseo, no se encontraron cambios significativos en ningún grupo (Vargas-Molina, Carbone, et al., 2021), artículo perteneciente a esta tesis y ya citado con anterioridad. Incluso teniendo en cuenta la importancia de la carga generada sobre el hueso para incrementar trabéculas o no perderlas, hemos comparado los efectos de una DC con una prescripción de 39 Kcal/kg/MLG con cargas altas (6-8 repeticiones) y cargas bajas (20 repeticiones) y un grupo de carga alta (6-8 repeticiones) con dieta no cetogénica y con la misma prescripción calórica. Nuestros resultados indicaron que solo el grupo de altas cargas sin cetosis aumentó ganancias significativas en la densidad mineral ósea, sin que los grupos cetogénicos (de cargas altas y el de cargas bajas) mostraran cambios. Aunque para el contenido mineral óseo no se encontraron diferencias en ningún grupo (Vargas-Molina, Jurado-Castro, et al., 2021), como muestra la figura 8, trabajo presentado en el Congreso de la ACSM

Figura 8

*Cargas altas y bajas con aplicación de dieta cetogénica sobre el contenido mineral óseo y la densidad mineral ósea (Vargas-Molina, Jurado-Castro, et al., 2021).*



A este respecto, podemos considerar que en participantes entrenados en fuerza o atletas no debe haber problema en el tejido óseo debido al nivel de masa muscular que tienen y al entrenamiento con sobrecargas, incluso estando en déficit energético.

### Presión arterial

Otro de los factores que son considerados de riesgo cardiovascular y con carácter multifactorial es la presión arterial, al igual que las dislipidemias, la diabetes, la inactividad física o el aumento de grasa visceral (Gómez et al., 2019). De hecho, la OMS., en 2018 encontró una prevalencia del 40% de adultos mayores con hipertensión y registró un incremento sustancial desde 1980 hasta 2008, de 600 a 1.000 millones de personas (WHO, 2013). La presión o tensión arterial se define como la elevación de valores por encima de 130/80 mmHg, tanto en la presión sistólica como diastólica, o ambas a la vez (Whelton & Carey, 2017). Se sugiere que una DC podría alterar la tensión arterial, generando hipotensión ortostática (Drabińska et al., 2021).

La literatura científica es consistente en cuanto a la actividad física y la mejora y/o prevención de la hipertensión. Por tanto, el ejercicio físico reduce los valores de presión arterial (Hegde & Solomon, 2015; Rego et al., 2019). De esta misma manera, la presión arterial, tanto sistólica como diastólica se ve favorecida tanto por el entrenamiento de resistencia o cardiovascular, de moderada y baja intensidad (Heberle et al., 2021; Lopes et al., 2020), como por el entrenamiento de fuerza (Polito et al., 2021). Presumiblemente, nuestros sujetos de estudio no deberían tener desórdenes en esta variable, si tenemos en cuenta solo el entrenamiento que realizan. No obstante, la presión arterial puede verse afectada por factores ambientales, genéticos o incluso nutricionales, entre otros (Ramirez-Bello et al., 2011). Y aquí entra en juego la manipulación de macronutrientes, concretamente la reducción de hidratos de carbono, y su entrada en cetosis. Cabe destacar que, las DC y la presión arterial aún no se han investigado en profundidad (Guo et al., 2020).

Se han encontrado reducciones significativas en la presión arterial en pacientes hipertensos que realizaban DC, hasta tal punto de tener que reducir o eliminar la medicación (Bhanpuri et al., 2018). Incluso, en pacientes con diabetes tipo 2, un metaanálisis reciente que incluye estudios donde se reducen drásticamente los hidratos de carbono encuentran que por cada reducción del 10% en el porcentaje de energía de los CHO se reducían varios parámetros cardio metabólicos, como la concentración de hemoglobina glucosilada, la concentración de triglicéridos o la presión arterial sistólica (con una media de 1,79 mmHg) (Jayedi et al., 2022), ahora bien, estos valores disminuyeron linealmente cuando se redujeron los porcentajes del 55-65% al 10% de CHO, pero no se controló que estos sujetos hubieran alcanzado la cetosis. Otra revisión,

esta vez, narrativa concluyen que la DC tiene un efecto beneficioso sobre la presión arterial y otros factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares (Dynka et al., 2023).

En la revisión narrativa de Di Raimondo et al., (2021), evaluaron el efecto de las DC sobre sujetos hipertensos y normotensos, sin que se aclare el efecto positivo o negativo de la DC sobre la presión arterial, lo que sí dejan claro es que las posibles mejoras de este parámetro se asocia principalmente con la reducción de peso corporal, masa grasa (Di Raimondo et al., 2021).

Pero ¿Qué efectos tiene una DC en sujetos entrenados en fuerza? A este respecto, los datos que encontramos son los de nuestro grupo de trabajo donde curiosamente, encontramos una reducción significativa en la presión arterial sistólica en el grupo cetogénico, aunque no se encontró en el grupo no-cetogénico (Vargas-Molina, Carbone, et al., 2021). La combinación de fuerza más cetosis en participantes normotensos entrenados en fuerza parece incluso que reduce la presión arterial, obviamente, se requiere de más investigación.

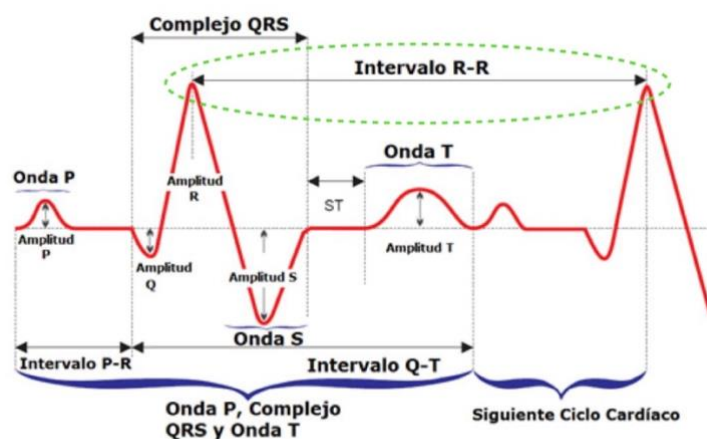
#### Variabilidad cardiaca

De la misma manera que los marcadores sanguíneos, esta variable no pertenece directamente a los tres artículos presentados en la tesis, no obstante, sí que pertenece a la producción aportada en congresos. Por esta razón, puede ser oportuno discutir nuestros resultados con la evidencia actual, aunque no forme parte de las conclusiones finales. La despolarización de los ventrículos se representa mediante las ondas QRS, mostrándose en un electrocardiograma, figura 9. Esta señal se daría al finalizar la onda P. La variabilidad

cardiaca englobaría el análisis en las variaciones de los intervalos entre ondas R sucesivas, mostrado en el electrocardiograma. Los principales componentes espectrales de la varianza de intervalos R-R, son la baja y alta frecuencia (Pagani et al., 1986). La variabilidad cardiaca ha sido utilizada como biomarcador de estrés e inflamación sistémica donde se ha visto que una pérdida de la misma (baja frecuencia) se relaciona negativamente con un amplio espectro de patologías de base inflamatoria como obesidad, diabetes o patología cardiovascular (Omerbegovic, 2009; Young & Benton, 2018).

**Figura 9**

*Ondas mas representativas en un ECG. Señalado intervalo R-R, con modificación (Bistel-Esquivel & Fajardo-Marquez, 2015).*



Se ha informado que la actividad vagal se ve reducida después del ejercicio de resistencia agudo (Teixeira et al., 2011), es decir, la capacidad del corazón para ajustarse a diferentes situaciones, aumentar el gasto cardíaco repentinamente, la frecuencia respiratoria, así como la capacidad de reducirse automáticamente, lo que le confiere un estado de “flexibilidad” de adaptación inmediata.

Cuando se ha comparado la variabilidad cardiaca entre 15 y 90 minutos post ejercicio, se encontraron datos de abstinencia vagal, es decir, alta frecuencia nula, al

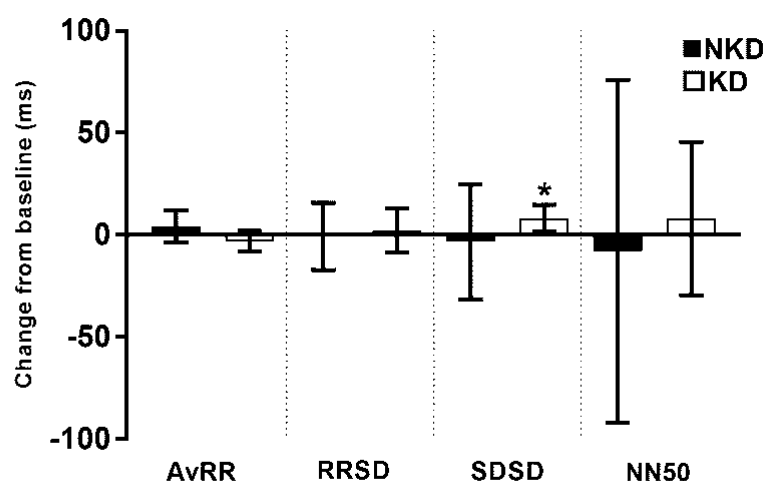
terminar un protocolo de entrenamiento de fuerza de entre el 40-80% RM en hombres sanos (Teixeira et al., 2011). La investigación de (Heffernan et al., 2006), resultó en una disminución de la alta frecuencia 25 minutos después del ejercicio de fuerza (10 repeticiones) en comparación con el ejercicio aeróbico. Y la de (Chen et al., 2011), en la misma línea, reducción de la alta frecuencia y aumento significativo en la baja frecuencia al acabar un protocolo de fuerza.

¿Cómo podemos analizar la variabilidad de la frecuencia cardiaca? Se puede analizar en el dominio de la frecuencia y en el dominio del tiempo. Atendiendo al dominio del tiempo se puede realizar mediante la desviación estándar de intervalos normales (SDNN), mediante la raíz cuadrática media de diferencias sucesivas (rMSSD) y mediante los intervalos normal a normal (R-R), que se darían en más de 50 ms (pNN50) (Kingsley & Figueroa, 2016). Estos mismos autores describen que, se puede utilizar un tiempo de muestreo corto de 5 a 30 minutos, la SDNN se puede calcular en períodos más largos, sobre 24 horas. Para valorar la variabilidad mediante pNN50 y mediante rMSSD debe considerarse que se reducen con la edad y con el ejercicio físico (Lewis & Short, 2010). Y, ahí es donde se considera que una alteración disminuida y alterada de estos intervalos puede indicarnos posibles problemas cardiovasculares (Lauer, 2009). De hecho, una ingesta energética excesiva acompañada de un estado pro-inflamatorio podrían afectar negativamente la variabilidad de la frecuencia cardiaca, no obstante, esto ha sido demostrado en sujetos patológicos, con obesidad, diabéticos o con enfermedades cardiovasculares. A este respecto, una DC ha mostrado efectos beneficiosos en parámetros relacionados con riesgo cardiovascular. La escasa documentación que relacione una DC en participantes entrenados en fuerza con la variabilidad cardiaca dio lugar a la evaluación de esta variable en nuestro estudio (Vargas-Molina, García-Sillero,

et al., 2022). En este caso, mujeres entrenadas en fuerza que fueron sometidas a una DC durante ocho semanas. En nuestro caso, solo encontramos cambios en SDD en el grupo cetogénico ( $8,0 \pm 6,7$  ms,  $P = 0,004$ , tamaño del efecto [ES] = 0,79), aunque no en el grupo no-cetogénico ( $-3,4 \pm 28,1$  ms,  $P=0,710$ ,  $ES=-0,12$ ), figura 10. Además, solo se encontraron cambios significativos entre grupos en el intervalo R-R promedio a favor de la DC ( $-7,46$ , IC 95,0 %  $-13,1 - -2,15$ ,  $P=0,021$ ;  $EE=-1,08$ ).

**Figura 10**

*Cambios encontrados en HRV (Heart rate variability, por sus siglas en inglés), variabilidad del ritmo cardiaco (Vargas-Molina, García-Sillero, et al., 2022).*

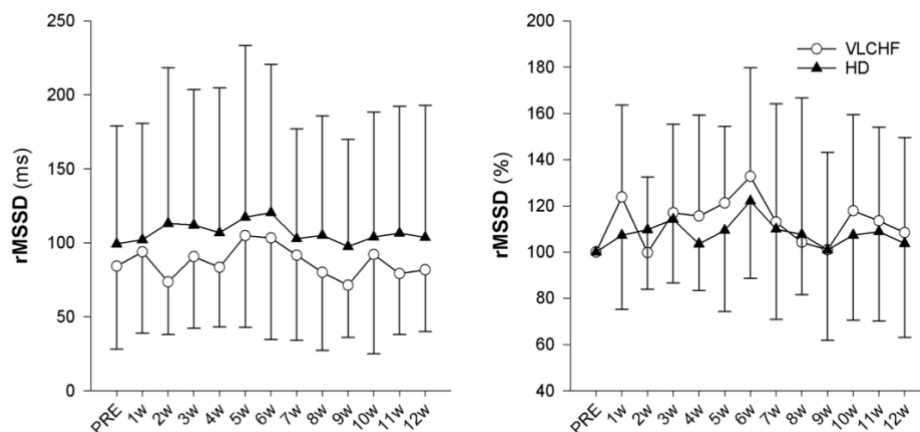


No obstante, la investigación de Dostal et al., (2019) realizada sobre sujetos moderadamente entrenados evaluó durante 12 semanas un entrenamiento de alta intensidad donde se combinaron ejercicios de fuerza y cardiovasculares (Dostal et al., 2019). Se realizó un control de la variabilidad de la frecuencia cardiaca 3 veces por semana, mientras que el grupo control ingirió todo tipo de macronutrientes, el grupo de dieta baja en CHO se limitó a 50 g/día. En los resultados no se encontraron cambios

significativos en ninguno de los dos grupos, la evaluación utilizada fue mediante rMSSD, como se muestra en la figura 11.

**Figura 11**

Datos obtenidos de variabilidad cardiaca (Dostal et al., 2019).



Obviamente, esto es solo un dato muy limitado que debe ir acompañado de nuevas investigaciones que se desenvuelvan en esta línea. Aun así, debemos considerar ciertas limitaciones de nuestro estudio, en cuanto a esta variable: a) la variabilidad cardiaca presenta una variabilidad inter-sujeto muy alta en personas sanas, incluso se han encontrado diferencias entre sexos (Thayer et al., 2016); b) Algunos autores recomiendan usar registros más largos de 10 minutos para minimizar el error, en nuestro caso usamos registro corto de 10 minutos; c) De todas las variables evaluadas, SDSD es la única donde encontramos datos favorables, no obstante, esta variable no se usa por regla general en registros cortos, como el nuestro.

# CAPÍTULO 5

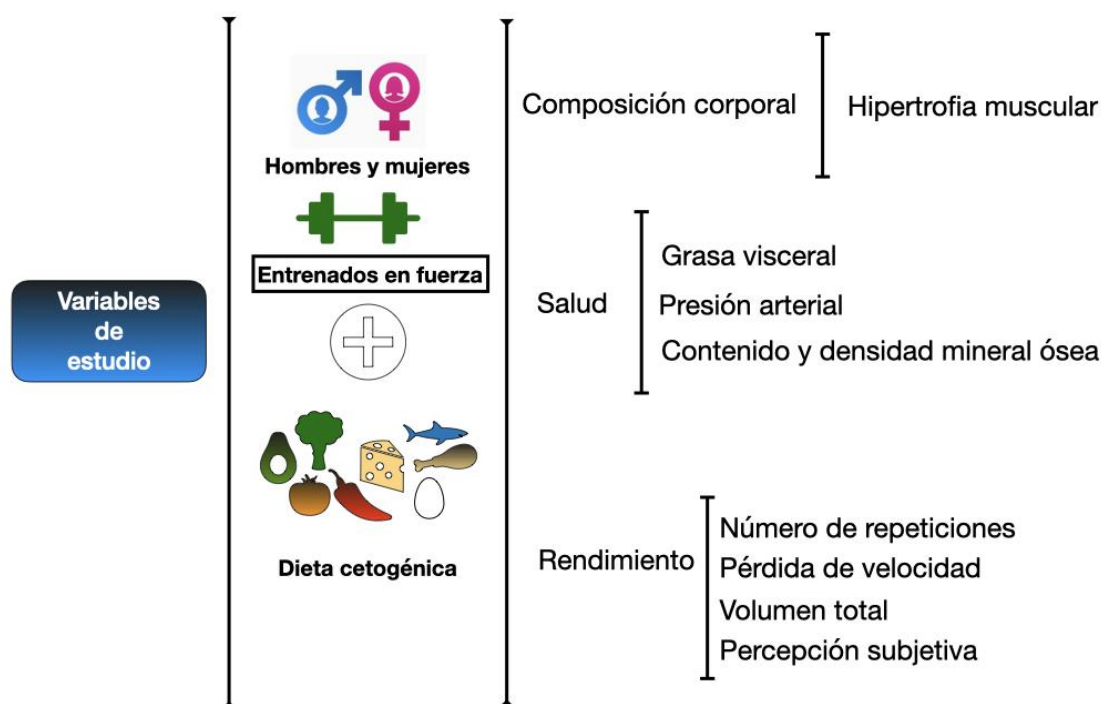
## CONCLUSIONES GENERALES

## Capítulo 5. Conclusiones generales

En esta tesis doctoral se ha investigado una población de estudio muy concreta, hombres y mujeres que entrenan fuerza a nivel avanzado bajo una prescripción de DC, bien sea desde un perfil profesional o recreativo. Para ello, hemos desarrollado todos los ámbitos posibles de estudio: composición corporal, rendimiento y salud, figura 12, evaluando las principales variables.

**Figura 12**

*Variables y población de estudio en esta tesis.*



En cuanto a la variable sobre composición corporal, la cetosis puede mejorar el aumento de tejido muscular en participantes entrenados en fuerza, siempre que se genere superávit energético. No obstante, no es la mejor opción para este objetivo por la saciedad generada (Vargas-Molina, Gomez-Urquiza, et al., 2022).

Dentro de los parámetros de salud evaluados, la reducción de grasa visceral se puede dar debido a la reducción en la ingesta energética total, independientemente de que sea una DC o no y de que sean individuos no entrenados, con ciertas patologías o entrenados en fuerza. Además, podemos concluir que no hay efectos negativos en la presión arterial sistólica o diastólica cuando se aplica DC en entrenados en fuerza. En cuanto a densidad y contenido mineral óseo, en hombres entrenados en fuerza no parece que haya efectos negativos (Vargas-Molina, Jurado-Castro, et al., 2021), al menos cuando se aplica durante dos o tres meses, incluso encontramos aumentos, en el caso de las mujeres, en el contenido mineral óseo (Vargas-Molina, Carbone, et al., 2021).

Debido a la falta de documentación científica que relacione DC y pérdida de velocidad, y basándonos en nuestra investigación, no parece afectar esta variable en participantes entrenados a nivel recreativo durante el transcurso o al final de seis semanas de aplicación de DC. En el volumen de la carga, hay pocos datos que han evaluado el número de repeticiones por separado o la suma del volumen de la carga. Por tanto, se puede concluir que, teniendo en cuenta la poca investigación de la que disponemos, no parece que haya efectos negativos en el número de repeticiones o el volumen total en participantes avanzados en fuerza durante un periodo de 6-8 semanas aproximadamente. Las últimas variables evaluadas serían la sRPE y el índice de esfuerzo, donde, podemos concluir que si un individuo está adaptado a una DC no tiene por qué ver reducida su percepción subjetiva en una sesión de entrenamiento de fuerza con un volumen total en la sesión aproximado de 15 series y por un periodo de seis semanas. Teniendo en cuenta que no siempre se genera adherencia a esta dieta.

**Conclusiones finales**

- La cetosis puede mejorar el aumento de tejido muscular en participantes entrenados en fuerza, siempre que se genere superávit energético. No obstante, no es la mejor opción para este objetivo por la saciedad generada.
- La densidad y contenido mineral óseo no se ven perjudicados con la cetosis en sujetos entrenados en fuerza.
- La presión arterial, diastólica o sistólica no parece que se vea afectada
- La grasa visceral depende del total de energía consumida y utilizada y no de la aplicación de DC.
- Parámetros de rendimiento tales como, volumen total, número de repeticiones, pérdida de velocidad, percepción de esfuerzo e índice de esfuerzo no parece que afecten el rendimiento en una sesión de fuerza en sujetos entrenados, al menos durante seis semanas de aplicación de DC.

## Referencias

- Akenhead, R., & Nassis, G. P. (2016, Jul). Training Load and Player Monitoring in High-Level Football: Current Practice and Perceptions. *Int J Sports Physiol Perform*, *11*(5), 587-593. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0331>
- Alexopoulos, N., Katriasis, D., & Raggi, P. (2014, Mar). Visceral adipose tissue as a source of inflammation and promoter of atherosclerosis. *Atherosclerosis*, *233*(1), 104-112. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2013.12.023>
- Amini, M. R., Aminianfar, A., Naghshi, S., Larijani, B., & Esmailzadeh, A. (2022). The effect of ketogenic diet on body composition and anthropometric measures: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Crit Rev Food Sci Nutr*, *62*(13), 3644-3657. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1867957>
- Aragon, A. A., Schoenfeld, B. J., Wildman, R., Kleiner, S., VanDusseldorp, T., Taylor, L., Earnest, C. P., Arciero, P. J., Wilborn, C., Kalman, D. S., Stout, J. R., Willoughby, D. S., Campbell, B., Arent, S. M., Bannock, L., Smith-Ryan, A. E., & Antonio, J. (2017). International society of sports nutrition position stand: diets and body composition. *J Int Soc Sports Nutr*, *14*, 16. <https://doi.org/10.1186/s12970-017-0174-y>
- Armamento-Villareal, R., Aguirre, L., Waters, D. L., Napoli, N., Qualls, C., & Villareal, D. T. (2020, Mar). Effect of Aerobic or Resistance Exercise, or Both, on Bone Mineral Density and Bone Metabolism in Obese Older Adults While Dieting: A Randomized Controlled Trial. *J Bone Miner Res*, *35*(3), 430-439. <https://doi.org/10.1002/jbmr.3905>
- Ashtary-Larky, D., Bagheri, R., Asbaghi, O., Tinsley, G. M., Kooti, W., Abbasnezhad, A., Afrisham, R., & Wong, A. (2022). Effects of resistance training combined with a ketogenic diet on body composition: a systematic review and meta-analysis. *Crit Rev Food Sci Nutr*, *62*(21), 5717-5732. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1890689>

- Ashtary-Larky, D., Bagheri, R., Bavi, H., Baker, J. S., Moro, T., Mancin, L., & Paoli, A. (2022, Jun 28). Ketogenic diets, physical activity and body composition: a review. *Br J Nutr*, *127*(12), 1898-1920. <https://doi.org/10.1017/S0007114521002609>
- Baz-Valle, E., Fontes-Villalba, M., & Santos-Concejero, J. (2021, Mar 1). Total Number of Sets as a Training Volume Quantification Method for Muscle Hypertrophy: A Systematic Review. *J Strength Cond Res*, *35*(3), 870-878. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002776>
- Bertoli, S., Trentani, C., Ferraris, C., De Giorgis, V., Veggiotti, P., & Tagliabue, A. (2014, Jun). Long-term effects of a ketogenic diet on body composition and bone mineralization in GLUT-1 deficiency syndrome: a case series. *Nutrition*, *30*(6), 726-728. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2014.01.005>
- Bhanpuri, N. H., Hallberg, S. J., Williams, P. T., McKenzie, A. L., Ballard, K. D., Campbell, W. W., McCarter, J. P., Phinney, S. D., & Volek, J. S. (2018, May 1). Cardiovascular disease risk factor responses to a type 2 diabetes care model including nutritional ketosis induced by sustained carbohydrate restriction at 1 year: an open label, non-randomized, controlled study. *Cardiovasc Diabetol*, *17*(1), 56. <https://doi.org/10.1186/s12933-018-0698-8>
- Bistel-Esquivel, R., & Fajardo-Marquez, A. (2015). Diseño de un Sistema de Adquisición y Procesamiento de la Señal de ECG basado en Instrumentación Virtual. *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones versión On-line ISSN 1815-5928. SCIELO.*, *36-1*.
- Blanco, J. C., Khatri, A., Kifayat, A., Cho, R., & Aronow, W. S. (2019, Nov 22). Starvation Ketoacidosis due to the Ketogenic Diet and Prolonged Fasting - A Possibly Dangerous Diet Trend. *Am J Case Rep*, *20*, 1728-1731. <https://doi.org/10.12659/AJCR.917226>

- Borg, G., & Dahlstrom, H. (1962, Aug). The reliability and validity of a physical work test. *Acta Physiol Scand*, 55, 353-361. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1962.tb02449.x>
- Bostock, E. C. S., Kirkby, K. C., Taylor, B. V., & Hawrelak, J. A. (2020). Consumer Reports of "Keto Flu" Associated With the Ketogenic Diet. *Front Nutr*, 7, 20. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00020>
- Bosy-Westphal, A., Later, W., Schautz, B., Lagerpusch, M., Goele, K., Heller, M., Gluer, C. C., & Muller, M. J. (2011, Jul). Impact of intra- and extra-osseous soft tissue composition on changes in bone mineral density with weight loss and regain. *Obesity (Silver Spring)*, 19(7), 1503-1510. <https://doi.org/10.1038/oby.2011.40>
- Brinkworth, G. D., Noakes, M., Buckley, J. D., Keogh, J. B., & Clifton, P. M. (2009, Jul). 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*, 90(1), 23-32. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.27326>
- Brooke, J., Stiell, M., & Ojo, O. (2016, Aug 23). Evaluation of the Accuracy of Capillary Hydroxybutyrate Measurement Compared with Other Measurements in the Diagnosis of Diabetic Ketoacidosis: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/ijerph13090837>
- Campos, G. E., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F., Ragg, K. E., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J., & Staron, R. S. (2002, Nov). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *Eur J Appl Physiol*, 88(1-2), 50-60. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0681-6>
- Cao, J., Lei, S., Wang, X., & Cheng, S. (2021, Aug 23). The Effect of a Ketogenic Low-Carbohydrate, High-Fat Diet on Aerobic Capacity and Exercise Performance in Endurance Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/nu13082896>

- Castaldo, G., Monaco, L., Castaldo, L., Galdo, G., & Cereda, E. (2016, Sep). An observational study of sequential protein-sparing, very low-calorie ketogenic diet (Oloproteic diet) and hypocaloric Mediterranean-like diet for the treatment of obesity. *Int J Food Sci Nutr*, 67(6), 696-706. <https://doi.org/10.1080/09637486.2016.1186157>
- Chen, J. L., Yeh, D. P., Lee, J. P., Chen, C. Y., Huang, C. Y., Lee, S. D., Chen, C. C., Kuo, T. B., Kao, C. L., & Kuo, C. H. (2011, Jun). Parasympathetic nervous activity mirrors recovery status in weightlifting performance after training. *J Strength Cond Res*, 25(6), 1546-1552. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181da7858>
- Chen, S., Su, X., Feng, Y., Li, R., Liao, M., Fan, L., Liu, J., Chen, S., Zhang, S., Cai, J., Zhu, S., Niu, J., Ye, Y., Lo, K., & Zeng, F. (2023, Sep 27). Ketogenic Diet and Multiple Health Outcomes: An Umbrella Review of Meta-Analysis. *Nutrients*, 15(19). <https://doi.org/10.3390/nu15194161>
- Colado, J. C., & Brasil, R. M. (2019, Dec). Concurrent and Construct Validation of a Scale for Rating Perceived Exertion in Aquatic Cycling for Young Men. *J Sports Sci Med*, 18(4), 695-707. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31827354>
- Colado, J. C., Furtado, G. E., Teixeira, A. M., Flandez, J., & Naclerio, F. (2020, Mar). Concurrent and Construct Validation of a New Scale for Rating Perceived Exertion during Elastic Resistance Training in The Elderly. *J Sports Sci Med*, 19(1), 175-186. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32132841>
- Colado, J. C., Garcia-Masso, X., Triplett, N. T., Calatayud, J., Flandez, J., Behm, D., & Rogers, M. E. (2014, Dec). Construct and concurrent validation of a new resistance intensity scale for exercise with thera-band(R) elastic bands. *J Sports Sci Med*, 13(4), 758-766. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25435767>
- Colado, J. C., Pedrosa, F. M., Juesas, A., Gargallo, P., Carrasco, J. J., Flandez, J., Chupel, M. U., Teixeira, A. M., & Naclerio, F. (2018, Mar). Concurrent validation of the

- OMNI-Resistance Exercise Scale of perceived exertion with elastic bands in the elderly. *Exp Gerontol*, 103, 11-16. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2017.12.009>
- Colica, C., Merra, G., Gasbarrini, A., De Lorenzo, A., Cioccoloni, G., Gualtieri, P., Perrone, M. A., Bernardini, S., Bernardo, V., Di Renzo, L., & Marchetti, M. (2017, May). Efficacy and safety of very-low-calorie ketogenic diet: a double blind randomized crossover study. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 21(9), 2274-2289. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28537652>
- Conceicao, F., Fernandes, J., Lewis, M., Gonzalez-Badillo, J. J., & Jimenez-Reyes, P. (2016). Movement velocity as a measure of exercise intensity in three lower limb exercises. *J Sports Sci*, 34(12), 1099-1106. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1090010>
- Cornelissen, V. A., Fagard, R. H., Coeckelberghs, E., & Vanhees, L. (2011, Nov). Impact of resistance training on blood pressure and other cardiovascular risk factors: a meta-analysis of randomized, controlled trials. *Hypertension*, 58(5), 950-958. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.111.177071>
- Cosentino, F., Verma, S., Ambery, P., Treppendahl, M. B., van Eickels, M., Anker, S. D., Cecchini, M., Fioretto, P., Groop, P. H., Hess, D., Khunti, K., Lam, C. S. P., Richard-Lordereau, I., Lund, L. H., McGreavy, P., Newsome, P. N., Sattar, N., Solomon, S., Weidinger, F., Zannad, F., & Zeiher, A. (2023, Oct 14). Cardiometabolic risk management: insights from a European Society of Cardiology Cardiovascular Round Table. *Eur Heart J*, 44(39), 4141-4156. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehad445>
- Crosby, L., Davis, B., Joshi, S., Jardine, M., Paul, J., Neola, M., & Barnard, N. D. (2021). Ketogenic Diets and Chronic Disease: Weighing the Benefits Against the Risks. *Front Nutr*, 8, 702802. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.702802>
- Cunha, G. M., Correa de Mello, L. L., Hasenstab, K. A., Spina, L., Bussade, I., Prata Mesiano, J. M., Coutinho, W., Guzman, G., & Sajoux, I. (2020, Jul). MRI estimated changes in visceral adipose tissue and liver fat fraction in patients with

- obesity during a very low-calorie-ketogenic diet compared to a standard low-calorie diet. *Clin Radiol*, 75(7), 526-532. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2020.02.014>
- Dankel, S. J., Mattocks, K. T., Jessee, M. B., Buckner, S. L., Mouser, J. G., & Loenneke, J. P. (2017, Nov). Do metabolites that are produced during resistance exercise enhance muscle hypertrophy? *Eur J Appl Physiol*, 117(11), 2125-2135. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3690-1>
- Dansinger, M. L., Gleason, J. A., Griffith, J. L., Selker, H. P., & Schaefer, E. J. (2005, Jan 5). Comparison of the Atkins, Ornish, Weight Watchers, and Zone diets for weight loss and heart disease risk reduction: a randomized trial. *JAMA*, 293(1), 43-53. <https://doi.org/10.1001/jama.293.1.43>
- Dashti, H. M., Al-Zaid, N. S., Mathew, T. C., Al-Mousawi, M., Talib, H., Asfar, S. K., & Behbahani, A. I. (2006, Jun). Long term effects of ketogenic diet in obese subjects with high cholesterol level. *Mol Cell Biochem*, 286(1-2), 1-9. <https://doi.org/10.1007/s11010-005-9001-x>
- Dashti, H. M., Mathew, T. C., Hussein, T., Asfar, S. K., Behbahani, A., Khoursheed, M. A., Al-Sayer, H. M., Bo-Abbas, Y. Y., & Al-Zaid, N. S. (2004, Fall). Long-term effects of a ketogenic diet in obese patients. *Exp Clin Cardiol*, 9(3), 200-205. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19641727>
- Dhatariya, K. (2014, Sep). The use of point-of-care blood ketone monitors in the management of diabetic ketoacidosis in adults. *Ann Clin Biochem*, 51(Pt 5), 525-527. <https://doi.org/10.1177/0004563214540136>
- Di Raimondo, D., Buscemi, S., Musiari, G., Rizzo, G., Pirera, E., Corleo, D., Pinto, A., & Tuttolomondo, A. (2021, Jul 27). Ketogenic Diet, Physical Activity, and Hypertension-A Narrative Review. *Nutrients*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/nu13082567>

- Di Rosa, C., Lattanzi, G., Taylor, S. F., Manfrini, S., & Khazrai, Y. M. (2020, Nov - Dec). Very low calorie ketogenic diets in overweight and obesity treatment: Effects on anthropometric parameters, body composition, satiety, lipid profile and microbiota. *Obes Res Clin Pract*, *14*(6), 491-503. <https://doi.org/10.1016/j.orcp.2020.08.009>
- Dostal, T., Plews, D. J., Hofmann, P., Laursen, P. B., & Cipryan, L. (2019). Effects of a 12-Week Very-Low Carbohydrate High-Fat Diet on Maximal Aerobic Capacity, High-Intensity Intermittent Exercise, and Cardiac Autonomic Regulation: Non-randomized Parallel-Group Study. *Front Physiol*, *10*, 912. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00912>
- Drabińska, N., Wiczkowski, W., & Piskula, M. (2021). Recent advances in the application of a ketogenic diet for obesity management. *Trends in Food Science & Technology*, *110*, 28-38. <https://doi.org/https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.080>
- Dynka, D., Kowalcze, K., Charuta, A., & Paziewska, A. (2023, Jul 28). The Ketogenic Diet and Cardiovascular Diseases. *Nutrients*, *15*(15). <https://doi.org/10.3390/nu15153368>
- Fechner, E., Smeets, E., Schrauwen, P., & Mensink, R. P. (2020, Apr 2). The Effects of Different Degrees of Carbohydrate Restriction and Carbohydrate Replacement on Cardiometabolic Risk Markers in Humans-A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*, *12*(4). <https://doi.org/10.3390/nu12040991>
- Figueiredo, V. C., de Salles, B. F., & Trajano, G. S. (2018, Mar). Volume for Muscle Hypertrophy and Health Outcomes: The Most Effective Variable in Resistance Training. *Sports Med*, *48*(3), 499-505. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0793-0>
- Foster, C., Daines, E., Hector, L., Snyder, A. C., & Welsh, R. (1996, Jun). Athletic performance in relation to training load. *Wis Med J*, *95*(6), 370-374. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8693756>

- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., Doleshal, P., & Dodge, C. (2001, Feb). A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res*, *15*(1), 109-115. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11708692>
- Foster, G. D., Wyatt, H. R., Hill, J. O., Makris, A. P., Rosenbaum, D. L., Brill, C., Stein, R. I., Mohammed, B. S., Miller, B., Rader, D. J., Zemel, B., Wadden, T. A., Tenhave, T., Newcomb, C. W., & Klein, S. (2010, Aug 3). Weight and metabolic outcomes after 2 years on a low-carbohydrate versus low-fat diet: a randomized trial. *Ann Intern Med*, *153*(3), 147-157. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-153-3-201008030-00005>
- Franchi, M. V., Longo, S., Mallinson, J., Quinlan, J. I., Taylor, T., Greenhaff, P. L., & Narici, M. V. (2018, Mar). Muscle thickness correlates to muscle cross-sectional area in the assessment of strength training-induced hypertrophy. *Scand J Med Sci Sports*, *28*(3), 846-853. <https://doi.org/10.1111/sms.12961>
- Freedman, M. R., King, J., & Kennedy, E. (2001, Mar). Popular diets: a scientific review. *Obes Res*, *9 Suppl 1*, 1S-40S. <https://doi.org/10.1038/oby.2001.113>
- Garcia-Sillero, M., Chulvi-Medrano, I., Maroto-Izquierdo, S., Bonilla, D. A., Vargas-Molina, S., & Benitez-Porres, J. (2022, Sep 3). Effects of Preceding Transcranial Direct Current Stimulation on Movement Velocity and EMG Signal during the Back Squat Exercise. *J Clin Med*, *11*(17). <https://doi.org/10.3390/jcm11175220>
- Garcia-Sillero, M., Maroto-Izquierdo, S., Galvan-Garcia, M., Benitez-Porres, J., Vargas-Molina, S., & Jurado-Castro, J. M. (2023, Jul 21). Acute Effects of Blood Flow Restriction Training on Movement Velocity and Neuromuscular Signal during the Back Squat Exercise. *J Clin Med*, *12*(14). <https://doi.org/10.3390/jcm12144824>
- Gardner, C. D., Kiazand, A., Alhassan, S., Kim, S., Stafford, R. S., Balise, R. R., Kraemer, H. C., & King, A. C. (2007, Mar 7). Comparison of the Atkins, Zone, Ornish, and LEARN diets for change in weight and related risk factors among overweight

- premenopausal women: the A TO Z Weight Loss Study: a randomized trial. *JAMA*, 297(9), 969-977. <https://doi.org/10.1001/jama.297.9.969>
- Gibson, A. A., Eroglu, E. I., Rooney, K., Harper, C., McClintock, S., Franklin, J., Markovic, T. P., Seimon, R. V., & Sainsbury, A. (2020, Oct). Urine dipsticks are not accurate for detecting mild ketosis during a severely energy restricted diet. *Obes Sci Pract*, 6(5), 544-551. <https://doi.org/10.1002/osp4.432>
- Gibson, A. A., Seimon, R. V., Lee, C. M., Ayre, J., Franklin, J., Markovic, T. P., Caterson, I. D., & Sainsbury, A. (2015, Jan). Do ketogenic diets really suppress appetite? A systematic review and meta-analysis. *Obes Rev*, 16(1), 64-76. <https://doi.org/10.1111/obr.12230>
- Goday, A., Bellido, D., Sajoux, I., Crujeiras, A. B., Burguera, B., Garcia-Luna, P. P., Oleaga, A., Moreno, B., & Casanueva, F. F. (2016, Sep 19). Short-term safety, tolerability and efficacy of a very low-calorie-ketogenic diet interventional weight loss program versus hypocaloric diet in patients with type 2 diabetes mellitus. *Nutr Diabetes*, 6(9), e230. <https://doi.org/10.1038/nutd.2016.36>
- Gómez, J. F., Camacho, P. A., López-López, J., & López-Jaramillo, P. (2019). Control y tratamiento de la hipertensión arterial: . *Revista Colombiana de Cardiología*, 25(2). <https://doi.org/99-106>. <https://doi.org/10.1016/j.rccar.2018.06.008>
- Gonzalez-Badillo, J. J., & Sanchez-Medina, L. (2010, May). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *Int J Sports Med*, 31(5), 347-352. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>
- Gonzalez-Badillo, J. J., Yanez-Garcia, J. M., Mora-Custodio, R., & Rodriguez-Rosell, D. (2017, Mar). Velocity Loss as a Variable for Monitoring Resistance Exercise. *Int J Sports Med*, 38(3), 217-225. <https://doi.org/10.1055/s-0042-120324>
- Greene, D. A., Varley, B. J., Hartwig, T. B., Chapman, P., & Rigney, M. (2018, Dec). A Low-Carbohydrate Ketogenic Diet Reduces Body Mass Without Compromising

Performance in Powerlifting and Olympic Weightlifting Athletes. *J Strength Cond Res*, 32(12), 3373-3382. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002904>

Gregory, R., Hamdan, H., Torisky, D., & Akers, J. (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/DOI: 10.23937/2469-5718/1510054>

Guo, Y., Wang, X., Jia, P., You, Y., Cheng, Y., Deng, H., Luo, S., & Huang, B. (2020, Oct 1). Ketogenic diet aggravates hypertension via NF-kappaB-mediated endothelial dysfunction in spontaneously hypertensive rats. *Life Sci*, 258, 118124. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.118124>

Gupta, L., Khandelwal, D., Kalra, S., Gupta, P., Dutta, D., & Aggarwal, S. (2017, Oct-Dec). Ketogenic diet in endocrine disorders: Current perspectives. *J Postgrad Med*, 63(4), 242-251. [https://doi.org/10.4103/jpgm.JPGM\\_16\\_17](https://doi.org/10.4103/jpgm.JPGM_16_17)

Hall, K. D., Guo, J., Courville, A. B., Boring, J., Brychta, R., Chen, K. Y., Darcey, V., Forde, C. G., Gharib, A. M., Gallagher, I., Howard, R., Joseph, P. V., Milley, L., Ouwerkerk, R., Raisingier, K., Rozga, I., Schick, A., Stagliano, M., Torres, S., Walter, M., Walter, P., Yang, S., & Chung, S. T. (2021, Feb). Effect of a plant-based, low-fat diet versus an animal-based, ketogenic diet on ad libitum energy intake. *Nat Med*, 27(2), 344-353. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-01209-1>

Heberle, I., de Barcelos, G. T., Silveira, L. M. P., Costa, R. R., Gerage, A. M., & Delevatti, R. S. (2021, Jan). Effects of aerobic training with and without progression on blood pressure in patients with type 2 diabetes: A systematic review with meta-analyses and meta-regressions. *Diabetes Res Clin Pract*, 171, 108581. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2020.108581>

Heffernan, K. S., Kelly, E. E., Collier, S. R., & Fernhall, B. (2006, Feb). Cardiac autonomic modulation during recovery from acute endurance versus resistance exercise. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*, 13(1), 80-86. <https://doi.org/10.1097/01.hjr.0000197470.74070.46>

- Hegde, S. M., & Solomon, S. D. (2015, Oct). Influence of Physical Activity on Hypertension and Cardiac Structure and Function. *Curr Hypertens Rep*, 17(10), 77. <https://doi.org/10.1007/s11906-015-0588-3>
- Heikura, I. A., Burke, L. M., Hawley, J. A., Ross, M. L., Garvican-Lewis, L., Sharma, A. P., McKay, A. K. A., Leckey, J. J., Welvaert, M., McCall, L., & Ackerman, K. E. (2019). A Short-Term Ketogenic Diet Impairs Markers of Bone Health in Response to Exercise. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 10, 880. <https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00880>
- Holscher, H. D. (2017, Mar 4). Dietary fiber and prebiotics and the gastrointestinal microbiota. *Gut Microbes*, 8(2), 172-184. <https://doi.org/10.1080/19490976.2017.1290756>
- Howell, S., & Kones, R. (2017, Nov 1). "Calories in, calories out" and macronutrient intake: the hope, hype, and science of calories. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 313(5), E608-E612. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00156.2017>
- Iglesias-Soler, E., Carballeira, E., Sanchez-Otero, T., Mayo, X., & Fernandez-del-Olmo, M. (2014, Jul). Performance of maximum number of repetitions with cluster-set configuration. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(4), 637-642. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0246>
- Iraki, J., Fitschen, P., Espinar, S., & Helms, E. (2019, Jun 26). Nutrition Recommendations for Bodybuilders in the Off-Season: A Narrative Review. *Sports (Basel)*, 7(7). <https://doi.org/10.3390/sports7070154>
- Jayedi, A., Zeraattalab-Motlagh, S., Jabbarzadeh, B., Hosseini, Y., Jibril, A. T., Shahinfar, H., Mirrafiei, A., Hosseini, F., & Bidar, S. S. (2022, Jul 6). Dose-dependent effect of carbohydrate restriction for type 2 diabetes management: a systematic review and dose-response meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Clin Nutr*, 116(1), 40-56. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqac066>

Kang, J. (2018). *Nutrition and Metabolism in Sports, Exercise and Health*.

Kang, J., Ratamess, N. A., Faigenbaum, A. D., & Bush, J. A. (2020, Sep-Oct). Ergogenic Properties of Ketogenic Diets in Normal-Weight Individuals: A Systematic Review. *J Am Coll Nutr*, 39(7), 665-675. <https://doi.org/10.1080/07315724.2020.1725686>

Kemmler, W., Kohl, M., Frohlich, M., Jakob, F., Engelke, K., von Stengel, S., & Schoene, D. (2020, Sep). Effects of High-Intensity Resistance Training on Osteopenia and Sarcopenia Parameters in Older Men with Osteosarcopenia-One-Year Results of the Randomized Controlled Franconian Osteopenia and Sarcopenia Trial (FrOST). *J Bone Miner Res*, 35(9), 1634-1644. <https://doi.org/10.1002/jbmr.4027>

Kephart, W. C., Pledge, C. D., Roberson, P. A., Mumford, P. W., Romero, M. A., Mobley, C. B., Martin, J. S., Young, K. C., Lowery, R. P., Wilson, J. M., Huggins, K. W., & Roberts, M. D. (2018, Jan 9). The Three-Month Effects of a Ketogenic Diet on Body Composition, Blood Parameters, and Performance Metrics in CrossFit Trainees: A Pilot Study. *Sports (Basel)*, 6(1). <https://doi.org/10.3390/sports6010001>

Kingsley, J. D., & Figueroa, A. (2016, May). Acute and training effects of resistance exercise on heart rate variability. *Clin Physiol Funct Imaging*, 36(3), 179-187. <https://doi.org/10.1111/cpf.12223>

Klocker, A. A., Phelan, H., Twigg, S. M., & Craig, M. E. (2013, Jul). Blood beta-hydroxybutyrate vs. urine acetoacetate testing for the prevention and management of ketoacidosis in Type 1 diabetes: a systematic review. *Diabet Med*, 30(7), 818-824. <https://doi.org/10.1111/dme.12136>

Koerich, A. C. C., Borszcz, F. K., Thives Mello, A., de Lucas, R. D., & Hansen, F. (2023). Effects of the ketogenic diet on performance and body composition in athletes and trained adults: a systematic review and Bayesian multivariate multilevel meta-analysis and meta-regression. *Crit Rev Food Sci Nutr*, 63(32), 11399-11424. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2090894>

- Kosinski, C., & Jornayvaz, F. R. (2017, May 19). Effects of Ketogenic Diets on Cardiovascular Risk Factors: Evidence from Animal and Human Studies. *Nutrients*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/nu9050517>
- Kuru, B., Sever, M., Aksay, E., Dogan, T., Yalcin, N., Eren, E. S., & Ustuner, F. (2014, Jun). Comparing Finger-stick beta-Hydroxybutyrate with Dipstick Urine Tests in the Detection of Ketone Bodies. *Turk J Emerg Med*, 14(2), 47-52. <https://doi.org/10.5505/1304.7361.2014.14880>
- Kysel, P., Haluzikova, D., Dolezalova, R. P., Lankova, I., Lacinova, Z., Kasperova, B. J., Trnovska, J., Hradkova, V., Mraz, M., Vilikus, Z., & Haluzik, M. (2020, Sep 16). The Influence of Cyclical Ketogenic Reduction Diet vs. Nutritionally Balanced Reduction Diet on Body Composition, Strength, and Endurance Performance in Healthy Young Males: A Randomized Controlled Trial. *Nutrients*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/nu12092832>
- LaFountain, R. A., Miller, V. J., Barnhart, E. C., Hyde, P. N., Crabtree, C. D., McSwiney, F. T., Beeler, M. K., Buga, A., Sapper, T. N., Short, J. A., Bowling, M. L., Kraemer, W. J., Simonetti, O. P., Maresh, C. M., & Volek, J. S. (2019, Oct 1). Extended Ketogenic Diet and Physical Training Intervention in Military Personnel. *Mil Med*, 184(9-10), e538-e547. <https://doi.org/10.1093/milmed/usz046>
- Lauer, M. S. (2009, Apr). Autonomic function and prognosis. *Cleve Clin J Med*, 76 Suppl 2, S18-22. <https://doi.org/10.3949/ccjm.76.s2.04>
- Lee, H. S., & Lee, J. (2021, Mar 12). Influences of Ketogenic Diet on Body Fat Percentage, Respiratory Exchange Rate, and Total Cholesterol in Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*, 18(6). <https://doi.org/10.3390/ijerph18062912>
- Leidy, H. J., Clifton, P. M., Astrup, A., Wycherley, T. P., Westerterp-Plantenga, M. S., Luscombe-Marsh, N. D., Woods, S. C., & Mattes, R. D. (2015, Jun). The role of

- protein in weight loss and maintenance. *Am J Clin Nutr*, 101(6), 1320S-1329S.  
<https://doi.org/10.3945/ajcn.114.084038>
- Lewis, M. J., & Short, A. L. (2010, Dec). Exercise and cardiac regulation: what can electrocardiographic time series tell us? *Scand J Med Sci Sports*, 20(6), 794-804.  
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01150.x>
- Lindfeldt, M., Eng, A., Darban, H., Bjerkner, A., Zetterstrom, C. K., Allander, T., Andersson, B., Borenstein, E., Dahlin, M., & Prast-Nielsen, S. (2019). The ketogenic diet influences taxonomic and functional composition of the gut microbiota in children with severe epilepsy. *NPJ Biofilms Microbiomes*, 5(1), 5.  
<https://doi.org/10.1038/s41522-018-0073-2>
- Livingston, S. (1972). *Comprehensive management of epilepsy in infancy, childhood and adolescence*. (I. Springfield, Ed. Charles C. Thomas, ed.).
- Lopes, J., Fonseca, M., Torres-Costoso, A., Lopez-Munoz, P., Alves, A. J., Magalhaes, P., & Ribeiro, F. (2020, Sep). Low- and moderate-intensity aerobic exercise acutely reduce blood pressure in adults with high-normal/grade I hypertension. *J Clin Hypertens (Greenwich)*, 22(9), 1732-1736.  
<https://doi.org/10.1111/jch.14000>
- Loucks, A. B. (2003, Jul). Energy availability, not body fatness, regulates reproductive function in women. *Exerc Sport Sci Rev*, 31(3), 144-148.  
<https://doi.org/10.1097/00003677-200307000-00008>
- Loucks, A. B., & Thuma, J. R. (2003, Jan). Luteinizing hormone pulsatility is disrupted at a threshold of energy availability in regularly menstruating women. *J Clin Endocrinol Metab*, 88(1), 297-311. <https://doi.org/10.1210/jc.2002-020369>
- Ludwig, D. S., & Friedman, M. I. (2014, Jun 4). Increasing adiposity: consequence or cause of overeating? *JAMA*, 311(21), 2167-2168.  
<https://doi.org/10.1001/jama.2014.4133>

- McRoberts, S. (2013). *How to build up to 50 pounds of muscle the natural way*.
- Moreno, B., Crujeiras, A. B., Bellido, D., Sajoux, I., & Casanueva, F. F. (2016, Dec). Obesity treatment by very low-calorie-ketogenic diet at two years: reduction in visceral fat and on the burden of disease. *Endocrine*, *54*(3), 681-690. <https://doi.org/10.1007/s12020-016-1050-2>
- Murphy, N. E., Carrigan, C. T., & Margolis, L. M. (2021, Feb 1). High-Fat Ketogenic Diets and Physical Performance: A Systematic Review. *Adv Nutr*, *12*(1), 223-233. <https://doi.org/10.1093/advances/nmaa101>
- Musa-Veloso, K., Likhodii, S. S., & Cunnane, S. C. (2002, Jul). Breath acetone is a reliable indicator of ketosis in adults consuming ketogenic meals. *Am J Clin Nutr*, *76*(1), 65-70. <https://doi.org/10.1093/ajcn/76.1.65>
- Neeland, I. J., Ross, R., Despres, J. P., Matsuzawa, Y., Yamashita, S., Shai, I., Seidell, J., Magni, P., Santos, R. D., Arsenault, B., Cuevas, A., Hu, F. B., Griffin, B., Zambon, A., Barter, P., Fruchart, J. C., Eckel, R. H., International Atherosclerosis, S., & International Chair on Cardiometabolic Risk Working Group on Visceral, O. (2019, Sep). Visceral and ectopic fat, atherosclerosis, and cardiometabolic disease: a position statement. *Lancet Diabetes Endocrinol*, *7*(9), 715-725. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(19\)30084-1](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(19)30084-1)
- Noakes, T. D., & Windt, J. (2017, Jan). Evidence that supports the prescription of low-carbohydrate high-fat diets: a narrative review. *Br J Sports Med*, *51*(2), 133-139. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096491>
- Oliveira, C. L. P., Mattingly, S., Schirrmacher, R., Sawyer, M. B., Fine, E. J., & Prado, C. M. (2018, Apr). A Nutritional Perspective of Ketogenic Diet in Cancer: A Narrative Review. *J Acad Nutr Diet*, *118*(4), 668-688. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2017.02.003>
- Omerbegovic, M. (2009). Analysis of heart rate variability and clinical implications. *Med Arh*, *63*(2), 102-105. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19537668>

- Pagani, M., Lombardi, F., Guzzetti, S., Rimoldi, O., Furlan, R., Pizzinelli, P., Sandrone, G., Malfatto, G., Dell'Orto, S., Piccaluga, E., & et al. (1986, Aug). Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog. *Circ Res*, 59(2), 178-193. <https://doi.org/10.1161/01.res.59.2.178>
- Paoli, A. (2014, Feb 19). Ketogenic diet for obesity: friend or foe? *Int J Environ Res Public Health*, 11(2), 2092-2107. <https://doi.org/10.3390/ijerph110202092>
- Paoli, A., Cancellara, P., Pompei, P., & Moro, T. (2019, Aug). Ketogenic Diet and Skeletal Muscle Hypertrophy: A Frenemy Relationship? *J Hum Kinet*, 68, 233-247. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0071>
- Paoli, A., Cenci, L., Pompei, P., Sahin, N., Bianco, A., Neri, M., Caprio, M., & Moro, T. (2021, Jan 26). Effects of Two Months of Very Low Carbohydrate Ketogenic Diet on Body Composition, Muscle Strength, Muscle Area, and Blood Parameters in Competitive Natural Body Builders. *Nutrients*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/nu13020374>
- Paoli, A., Mancin, L., Bianco, A., Thomas, E., Mota, J. F., & Piccini, F. (2019, Jul 15). Ketogenic Diet and Microbiota: Friends or Enemies? *Genes (Basel)*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/genes10070534>
- Pasquale, M. D. (1995). *The Anabolic Diet* (O. T. System, Ed.).
- Patikorn, C., Saidoung, P., Pham, T., Phisalprapa, P., Lee, Y. Y., Varady, K. A., Veettil, S. K., & Chaiyakunapruk, N. (2023, May 25). Effects of ketogenic diet on health outcomes: an umbrella review of meta-analyses of randomized clinical trials. *BMC Med*, 21(1), 196. <https://doi.org/10.1186/s12916-023-02874-y>
- Peña, G., Lloret, C., Martín, M., & Da Silva-Grigoletto, M. (2016). Introduction to strength training at early age: A review. *Rev Andal Med Deporte*, 9-1. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2015.01.022>

- Perissiou, M., Borkoles, E., Kobayashi, K., & Polman, R. (2020, Feb 14). The Effect of an 8 Week Prescribed Exercise and Low-Carbohydrate Diet on Cardiorespiratory Fitness, Body Composition and Cardiometabolic Risk Factors in Obese Individuals: A Randomised Controlled Trial. *Nutrients*, *12*(2). <https://doi.org/10.3390/nu12020482>
- Pinheiro, M. M., Schuch, N. J., Genaro, P. S., Ciconelli, R. M., Ferraz, M. B., & Martini, L. A. (2009, Jan 29). Nutrient intakes related to osteoporotic fractures in men and women--the Brazilian Osteoporosis Study (BRAZOS). *Nutr J*, *8*, 6. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-8-6>
- Polito, M. D., Dias, J. R., Jr., & Papst, R. R. (2021, Jul 4). Resistance training to reduce resting blood pressure and increase muscle strength in users and non-users of anti-hypertensive medication: A meta-analysis. *Clin Exp Hypertens*, *43*(5), 474-485. <https://doi.org/10.1080/10641963.2021.1901111>
- Ramirez-Bello, J., Perez-Mendez, O., Ramirez-Fuentes, S., Carrillo-Sanchez, S., Vargas-Alarcon, G., & Fragoso, J. M. (2011, Jul-Sep). [Genetic and genomic studies in the hypertension: an actualization of the genomic studies]. *Arch Cardiol Mex*, *81*(3), 240-250. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21975239>
- Ramirez-Villada, J. F., Leon-Ariza, H. H., Arguello-Gutierrez, Y. P., & Porras-Ramirez, K. A. (2016, Mar-Apr). [Effect of high impact movements on body composition, strength and bone mineral density on women over 60 years]. *Rev Esp Geriatr Gerontol*, *51*(2), 68-74. <https://doi.org/10.1016/j.regg.2015.09.001>
- Rego, M. L., Cabral, D. A., Costa, E. C., & Fontes, E. B. (2019). Physical Exercise for Individuals with Hypertension: It Is Time to Emphasize its Benefits on the Brain and Cognition. *Clin Med Insights Cardiol*, *13*, 1179546819839411. <https://doi.org/10.1177/1179546819839411>
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., Frazee, K., Dube, J., & Andreacci, J. (2003, Feb). Concurrent validation of the OMNI

perceived exertion scale for resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 35(2), 333-341. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000048831.15016.2A>

Rodriguez-Rosell, D., Yanez-Garcia, J. M., Mora-Custodio, R., Torres-Torrelo, J., Ribas-Serna, J., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2020, Aug 27). Role of the Effort Index in Predicting Neuromuscular Fatigue During Resistance Exercises. *J Strength Cond Res*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003805>

Rodriguez-Rosell, D., Yanez-Garcia, J. M., Torres-Torrelo, J., Mora-Custodio, R., Marques, M. C., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2018, Aug). Effort Index as a Novel Variable for Monitoring the Level of Effort During Resistance Exercises. *J Strength Cond Res*, 32(8), 2139-2153. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002629>

Schiavo, L., Pilone, V., Rossetti, G., Barbarisi, A., Cesaretti, M., & Iannelli, A. (2018, Aug). A 4-Week Preoperative Ketogenic Micronutrient-Enriched Diet Is Effective in Reducing Body Weight, Left Hepatic Lobe Volume, and Micronutrient Deficiencies in Patients Undergoing Bariatric Surgery: a Prospective Pilot Study. *Obes Surg*, 28(8), 2215-2224. <https://doi.org/10.1007/s11695-018-3145-8>

Schugar, R. C., & Crawford, P. A. (2012, Jul). Low-carbohydrate ketogenic diets, glucose homeostasis, and nonalcoholic fatty liver disease. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 15(4), 374-380. <https://doi.org/10.1097/MCO.0b013e3283547157>

Schwartz, M. W., Seeley, R. J., Zeltser, L. M., Drewnowski, A., Ravussin, E., Redman, L. M., & Leibel, R. L. (2017, Aug 1). Obesity Pathogenesis: An Endocrine Society Scientific Statement. *Endocr Rev*, 38(4), 267-296. <https://doi.org/10.1210/er.2017-00111>

Shojaa, M., Von Stengel, S., Schoene, D., Kohl, M., Barone, G., Bragonzoni, L., Dallolio, L., Marini, S., Murphy, M. H., Stephenson, A., Manty, M., Julin, M., Risto, T., & Kemmler, W. (2020). Effect of Exercise Training on Bone Mineral Density in Post-menopausal Women: A Systematic Review and Meta-Analysis of

- Intervention Studies. *Front Physiol*, 11, 652.  
<https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00652>
- Tay, J., Luscombe-Marsh, N. D., Thompson, C. H., Noakes, M., Buckley, J. D., Wittert, G. A., Yancy, W. S., Jr., & Brinkworth, G. D. (2014, Nov). A very low-carbohydrate, low-saturated fat diet for type 2 diabetes management: a randomized trial. *Diabetes Care*, 37(11), 2909-2918.  
<https://doi.org/10.2337/dc14-0845>
- Teixeira, L., Ritti-Dias, R. M., Tinucci, T., Mion Junior, D., & Forjaz, C. L. (2011, Sep). Post-concurrent exercise hemodynamics and cardiac autonomic modulation. *Eur J Appl Physiol*, 111(9), 2069-2078. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1811-1>
- Teixeira, V., Voci, S. M., Mendes-Netto, R. S., & da Silva, D. G. (2018, Apr). The relative validity of a food record using the smartphone application MyFitnessPal. *Nutr Diet*, 75(2), 219-225. <https://doi.org/10.1111/1747-0080.12401>
- Thayer, J. F., Sollers, J. J., 3rd, Friedman, B. H., & Koenig, J. (2016). Gender differences in the relationship between resting heart rate variability and 24-hour blood pressure variability. *Blood Press*, 25(1), 58-62.  
<https://doi.org/10.3109/08037051.2016.1090721>
- Tzenios, N., Tazanios, M., Chahine, M., & Binti Jamal, P. (2023). The Positive Effects of the Keto Diet on Muscle Building: A Comprehensive Overview. *Special journal of the Medical Academy and other Life Science*, 1(3). <https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.58676/sjmas.v1i4.27>
- Urbain, P., & Bertz, H. (2016). Monitoring for compliance with a ketogenic diet: what is the best time of day to test for urinary ketosis? *Nutr Metab (Lond)*, 13, 77.  
<https://doi.org/10.1186/s12986-016-0136-4>
- Vann, C. G., Sexton, C. L., Osburn, S. C., Smith, M. A., Haun, C. T., Rumbley, M. N., Mumford, P. W., Montgomery, N. T., Ruple, B. A., McKendry, J., McLeod, J., Bashir, A., Beyers, R. J., Brook, M. S., Smith, K., Atherton, P. J., Beck, D. T.,

- McDonald, J. R., Young, K. C., Phillips, S. M., & Roberts, M. D. (2022). Effects of High-Volume Versus High-Load Resistance Training on Skeletal Muscle Growth and Molecular Adaptations. *Front Physiol*, *13*, 857555. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.857555>
- Vargas, S., Romance, R., Petro, J. L., Bonilla, D. A., Galancho, I., Espinar, S., Kreider, R. B., & Benitez-Porres, J. (2018, Jul 9). Efficacy of ketogenic diet on body composition during resistance training in trained men: a randomized controlled trial. *J Int Soc Sports Nutr*, *15*(1), 31. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0236-9>
- Vargas-Molina, S., Bonilla, D., Petro, J., Gracia-Romero, J., Gracia-Sillero, M., Kreider, R., & Benítez-Porres, J. (2022). Effects Of The Ketogenic Diet On Blood Biochemical Parameters In Resistance-trained Women: A Pilot Study. ACSM,s 69 Annual Meeting San Diego, California, USA.
- Vargas-Molina, S., Bonilla, D. A., Petro, J. L., Carbone, L., Garcia-Sillero, M., Jurado-Castro, J. M., Schoenfeld, B. J., & Benitez-Porres, J. (2023, Jun). Efficacy of progressive versus severe energy restriction on body composition and strength in concurrent trained women. *Eur J Appl Physiol*, *123*(6), 1311-1321. <https://doi.org/10.1007/s00421-023-05158-8>
- Vargas-Molina, S., Carbone, L., Romance, R., Petro, J. L., Schoenfeld, B. J., Kreider, R. B., Bonilla, D. A., & Benitez-Porres, J. (2021, Aug). Effects of a low-carbohydrate ketogenic diet on health parameters in resistance-trained women. *Eur J Appl Physiol*, *121*(8), 2349-2359. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04707-3>
- Vargas-Molina, S., García-Sillero, M., Bonilla, D. A., Petro, J., García-Romero, J. C., & Benítez-Porres, J. (2024). The effect of the ketogenic diet on resistance training load management: a repeated-measures clinical trial in trained participants. *JOURNAL OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SPORTS NUTRITION*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/15502783.2024.2306308>

- Vargas-Molina, S., García-Sillero, M., Petro, J. L., Bonilla, D. A., García-Romero, J. C., & Benítez-Porres, J. (2022). *Effect of a Ketogenic Diet on Heart Rate Variability in Resistance-Trained Women*. *Annals of Nutrition and Metabolism*.
- Vargas-Molina, S., Gomez-Urquiza, J. L., Garcia-Romero, J., & Benitez-Porres, J. (2022, Oct 3). Effects of the Ketogenic Diet on Muscle Hypertrophy in Resistance-Trained Men and Women: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*, *19*(19). <https://doi.org/10.3390/ijerph191912629>
- Vargas-Molina, S., Jurado-Castro, J. M., García-Romero, J., García-Sillero, M., Maroto-Izquierdo, S., & Benítez-Porres, J. (2021). Effects Of High-load And Low-load Resistance Training Versus High-load Resistance Training In Combination With Ketogenic Diet On Bone Mineral Density In Well-trained Men.
- Vargas-Molina, S., Petro, J. L., Romance, R., Kreider, R. B., Schoenfeld, B. J., Bonilla, D. A., & Benitez-Porres, J. (2020, Apr 10). Effects of a ketogenic diet on body composition and strength in trained women. *J Int Soc Sports Nutr*, *17*(1), 19. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00348-7>
- Volek, J. S., Sharman, M. J., & Forsythe, C. E. (2005, Jun). Modification of lipoproteins by very low-carbohydrate diets. *J Nutr*, *135*(6), 1339-1342. <https://doi.org/10.1093/jn/135.6.1339>
- Wachman, A., & Bernstein, D. S. (1968, May 4). Diet and osteoporosis. *Lancet*, *1*(7549), 958-959. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(68\)90908-2](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(68)90908-2)
- Weber, D. D., Aminzadeh-Gohari, S., Tulipan, J., Catalano, L., Feichtinger, R. G., & Kofler, B. (2020, Mar). Ketogenic diet in the treatment of cancer - Where do we stand? *Mol Metab*, *33*, 102-121. <https://doi.org/10.1016/j.molmet.2019.06.026>
- Westman, E. C., Feinman, R. D., Mavropoulos, J. C., Vernon, M. C., Volek, J. S., Wortman, J. A., Yancy, W. S., & Phinney, S. D. (2007, Aug). Low-carbohydrate nutrition and metabolism. *Am J Clin Nutr*, *86*(2), 276-284. <https://doi.org/10.1093/ajcn/86.2.276>

- Wheless, J. W. (2008, Nov). History of the ketogenic diet. *Epilepsia*, *49 Suppl 8*, 3-5.  
<https://doi.org/10.1111/j.1528-1167.2008.01821.x>
- Whelton, P. K., & Carey, R. M. (2017, Dec 5). The 2017 Clinical Practice Guideline for High Blood Pressure. *JAMA*, *318(21)*, 2073-2074.  
<https://doi.org/10.1001/jama.2017.18209>
- WHO. (2013). *A global brief on hypertension : silent killer, global public health crisis: World Health Day 2013*. <https://iris.who.int/handle/10665/79059>
- Wilder, R. M. (1921). The effect on ketonemia on the course of epilepsy. *Mayo Clin Bull*, *2:307*.
- Wilson, J. M., Lowery, R. P., Roberts, M. D., Sharp, M. H., Joy, J. M., Shields, K. A., Partl, J. M., Volek, J. S., & D'Agostino, D. P. (2020, Dec). Effects of Ketogenic Dieting on Body Composition, Strength, Power, and Hormonal Profiles in Resistance Training Men. *J Strength Cond Res*, *34(12)*, 3463-3474.  
<https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001935>
- Woodyatt, R. T. (1921). Objects and method of diet adjustment in diabetics. *Arch Intern Med*, *28*, 125-141.
- Wroble, K. A., Trott, M. N., Schweitzer, G. G., Rahman, R. S., Kelly, P. V., & Weiss, E. P. (2019, Apr). Low-carbohydrate, ketogenic diet impairs anaerobic exercise performance in exercise-trained women and men: a randomized-sequence crossover trial. *J Sports Med Phys Fitness*, *59(4)*, 600-607.  
<https://doi.org/10.23736/S0022-4707.18.08318-4>
- Young, H. A., & Benton, D. (2018, Apr). Heart-rate variability: a biomarker to study the influence of nutrition on physiological and psychological health? *Behav Pharmacol*, *29(2 and 3-Spec Issue)*, 140-151.  
<https://doi.org/10.1097/FBP.0000000000000383>

Zourdos, M. C., Klemp, A., Dolan, C., Quiles, J. M., Schau, K. A., Jo, E., Helms, E., Esgro, B., Duncan, S., Garcia Merino, S., & Blanco, R. (2016, Jan). Novel Resistance Training-Specific Rating of Perceived Exertion Scale Measuring Repetitions in Reserve. *J Strength Cond Res*, 30(1), 267-275. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001049>

Zupec-Kania, B. A., & Spellman, E. (2008, Dec-2009 Jan). An overview of the ketogenic diet for pediatric epilepsy. *Nutr Clin Pract*, 23(6), 589-596. <https://doi.org/10.1177/0884533608326138>

# ANEXOS

**Anexo 1****Producción complementaria a esta tesis**

Otros trabajos presentados por nuestro grupo de investigación con anterioridad a la presentación de esta tesis que complementan los resultados expuestos.

**Artículo 1:**

Vargas, S., Romance, R., Petro, J. L., Bonilla, D. A., Galancho, I., Espinar, S., Kreider, R. B., & Benitez-Porres, J. (2018, Jul 9). Efficacy of ketogenic diet on body composition during resistance training in trained men: a randomized controlled trial. *J Int Soc Sports Nutr*, 15(1), 31. <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0236-9>

**Artículo 2:**

Vargas-Molina, S., Petro, J. L., Romance, R., Kreider, R. B., Schoenfeld, B. J., Bonilla, D. A., & Benitez-Porres, J. (2020, Apr 10). Effects of a ketogenic diet on body composition and strength in trained women. *J Int Soc Sports Nutr*, 17(1), 19. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00348-7>

**Anexo 2****Currículum académico adicional****Artículos publicados en revistas de alto impacto**

Bonilla, D. A., Cardozo, L. A., Velez-Gutierrez, J. M., Arevalo-Rodriguez, A., Vargas-Molina, S., Stout, J. R., Kreider, R. B., & Petro, J. L. (2022, Oct 5). Exercise Selection and Common Injuries in Fitness Centers: A Systematic Integrative Review and Practical Recommendations. *Int J Environ Res Public Health*, 19(19). <https://doi.org/10.3390/ijerph191912710>

Bonilla, D. A., De Leon, L. G., Alexander-Cortez, P., Odriozola-Martinez, A., Herrera-Amante, C. A., Vargas-Molina, S., & Petro, J. L. (2022, Mar). Simple anthropometry-based calculations to monitor body composition in athletes: Scoping review and reference values. *Nutr Health*, 28(1), 95-109. <https://doi.org/10.1177/02601060211002941>

Bonilla, D. A., Kreider, R. B., Petro, J. L., Romance, R., Garcia-Sillero, M., Benitez-Porres, J., & Vargas-Molina, S. (2021, Jul 4). Creatine Enhances the Effects of Cluster-Set Resistance Training on Lower-Limb Body Composition and Strength in Resistance-Trained Men: A Pilot Study. *Nutrients*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/nu13072303>

Bonilla, D. A., Peralta-Alzate, J. O., Bonilla-Henao, J. A., Cannataro, R., Cardozo, L. A., Vargas-Molina, S., Stout, J. R., Kreider, R. B., & Petro, J. L. (2023, Apr 11). Insights into Non-Exercise Physical Activity on Control of Body Mass: A Review with Practical Recommendations. *J Funct Morphol Kinesiol*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/jfmk8020044>

Bonilla Ocampo, D. A., Paipilla, A. F., Marin, E., Vargas-Molina, S., Petro, J. L., & Perez-Idarraga, A. (2018, Nov 2). Dietary Nitrate from Beetroot Juice for Hypertension: A Systematic Review. *Biomolecules*, 8(4). <https://doi.org/10.3390/biom8040134>

- Cannataro, R., Carbone, L., Petro, J. L., Cione, E., Vargas, S., Angulo, H., Forero, D. A., Odriozola-Martinez, A., Kreider, R. B., & Bonilla, D. A. (2021, Sep 8). Sarcopenia: Etiology, Nutritional Approaches, and miRNAs. *Int J Mol Sci*, 22(18). <https://doi.org/10.3390/ijms22189724>
- Carbone, L., Garzon, M., Chulvi-Medrano, I., Bonilla, D. A., Alonso, D. A., Benitez-Porres, J., Petro, J. L., & Vargas-Molina, S. (2020, Dec). Effects of heavy barbell hip thrust vs back squat on subsequent sprint performance in rugby players. *Biol Sport*, 37(4), 325-331. <https://doi.org/10.5114/biolport.2020.96316>
- Carbone, L., Sampietro, M., Cicognini, A., Garcia-Sillero, M., & Vargas-Molina, S. (2022, Oct 8). Is the Relationship between Acute and Chronic Workload a Valid Predictive Injury Tool? A Bayesian Analysis. *J Clin Med*, 11(19). <https://doi.org/10.3390/jcm11195945>
- Garcia-Sillero, M., Benitez-Porres, J., Garcia-Romero, J., Bonilla, D. A., Petro, J. L., & Vargas-Molina, S. (2021, Jan 14). Comparison of Interventional Strategies to Improve Recovery after Eccentric Exercise-Induced Muscle Fatigue. *Int J Environ Res Public Health*, 18(2). <https://doi.org/10.3390/ijerph18020647>
- Garcia-Sillero, M., Chulvi-Medrano, I., Maroto-Izquierdo, S., Bonilla, D. A., Vargas-Molina, S., & Benitez-Porres, J. (2022, Sep 3). Effects of Preceding Transcranial Direct Current Stimulation on Movement Velocity and EMG Signal during the Back Squat Exercise. *J Clin Med*, 11(17). <https://doi.org/10.3390/jcm11175220>
- Garcia-Sillero, M., Jurado-Castro, J. M., Benitez-Porres, J., & Vargas-Molina, S. (2021, Jul 21). Acute Effects of a Percussive Massage Treatment on Movement Velocity during Resistance Training. *Int J Environ Res Public Health*, 18(15). <https://doi.org/10.3390/ijerph18157726>
- Garcia-Sillero, M., Maroto-Izquierdo, S., Galvan-Garcia, M., Benitez-Porres, J., Vargas-Molina, S., & Jurado-Castro, J. M. (2023, Jul 21). Acute Effects of Blood Flow

- Restriction Training on Movement Velocity and Neuromuscular Signal during the Back Squat Exercise. *J Clin Med*, 12(14). <https://doi.org/10.3390/jcm12144824>
- Gomez-Extremera, M., Bernaola-Galvan, P. A., Vargas, S., Benitez-Porres, J., Carpena, P., & Romance, A. R. (2018, Aug 31). Differences in nonlinear heart dynamics during rest and exercise and for different training. *Physiol Meas*, 39(8), 084008. <https://doi.org/10.1088/1361-6579/aad929>
- Jurado-Castro, J. M., Vargas-Molina, S., Gomez-Urquiza, J. L., & Benitez-Porres, J. (2023). Effectiveness of real-time classroom interactive competition on academic performance: a systematic review and meta-analysis. *PeerJ Comput Sci*, 9, e1310. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1310>
- Romance, R., Vargas, S., Espinar, S., Petro, J. L., Bonilla, D. A., Schoenfeld, B. J., Kreider, R. B., & Benitez-Porres, J. (2019, Dec). Oral Contraceptive Use does not Negatively Affect Body Composition and Strength Adaptations in Trained Women. *Int J Sports Med*, 40(13), 842-849. <https://doi.org/10.1055/a-0985-4373>
- Vargas, S., Petro, J. L., Romance, R., Bonilla, D. A., Florido, M. A., Kreider, R. B., Schoenfeld, B. J., & Benitez-Porres, J. (2019, Apr). Comparison of changes in lean body mass with a strength- versus muscle endurance-based resistance training program. *Eur J Appl Physiol*, 119(4), 933-940. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04082-0>
- Vargas-Molina, S., Bonilla, D. A., Petro, J. L., Carbone, L., Garcia-Sillero, M., Jurado-Castro, J. M., Schoenfeld, B. J., & Benitez-Porres, J. (2023, Jun). Efficacy of progressive versus severe energy restriction on body composition and strength in concurrent trained women. *Eur J Appl Physiol*, 123(6), 1311-1321. <https://doi.org/10.1007/s00421-023-05158-8>
- Vargas-Molina, S., Carbone, L., Romance, R., Petro, J. L., Schoenfeld, B. J., Kreider, R. B., Bonilla, D. A., & Benitez-Porres, J. (2021, Aug). Effects of a low-carbohydrate ketogenic diet on health parameters in resistance-trained women.

*Eur J Appl Physiol*, 121(8), 2349-2359. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04707-3>

Vargas-Molina, S., Garcia-Sillero, M., Kreider, R. B., Salinas, E., Petro, J. L., Benitez-Porres, J., & Bonilla, D. A. (2022). A randomized open-labeled study to examine the effects of creatine monohydrate and combined training on jump and scoring performance in young basketball players. *J Int Soc Sports Nutr*, 19(1), 529-542. <https://doi.org/10.1080/15502783.2022.2108683>

Vargas-Molina, S., Garcia-Sillero, M., Romance, R., Petro, J. L., Jimenez-Garcia, J. D., Bonilla, D. A., Kreider, R. B., & Benitez-Porres, J. (2022, Apr 8). Traditional and Undulating Periodization on Body Composition, Strength Levels and Physical Fitness in Older Adults. *Int J Environ Res Public Health*, 19(8). <https://doi.org/10.3390/ijerph19084522>

Vargas-Molina, S., Martin-Rivera, F., Bonilla, D. A., Petro, J. L., Carbone, L., Romance, R., deDiego, M., Schoenfeld, B. J., & Benitez-Porres, J. (2020). Comparison of blood lactate and perceived exertion responses in two matched time-under-tension protocols. *PLoS One*, 15(1), e0227640. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227640>

**Anexo 3**

**Comité de ética**