

Adaptaciones metabólicas y cardiacas durante un protocolo de fuerza en el umbral anaeróbico durante 8 semanas

Metabolic and cardiac adaptations during a strength protocol at the anaerobic threshold over 8 weeks

Mauro Tauda, Eduardo Joel Cruzat Bravo, Felipe Ignacio Suárez Rojas
Universidad Santo Tomás (Chile)

Resumen. Introducción: La fuerza se considera un parámetro crítico para la salud y el rendimiento físico, y existen diversas metodologías para su desarrollo. Sin embargo, hasta la fecha, no se han descrito protocolos asociados al umbral anaeróbico y sus efectos agudos. Objetivos: El estudio tiene como objetivo determinar los efectos agudos de un programa de fuerza consistente en la realización de cuatro ejercicios durante 8 semanas a nivel del umbral anaeróbico en el fitness cardiorrespiratorio, fuerza muscular y metabolismo energético. Materiales y Métodos: Quince participantes, con edad promedio de 35.5 ± 4 años, estatura de 1.78 ± 0.09 metros y peso de 72.1 ± 12.9 kg, fueron seleccionados a través de muestreo probabilístico. Se realizaron 3 evaluaciones, incluyendo Vo_{2max} , antropometría y una prueba de fuerza hasta el umbral anaeróbico en cuatro ejercicios, con toma de muestra de lactato en cada intento. La carga asociada al umbral anaeróbico se utilizó como intensidad específica para implementar un programa de entrenamiento de tres días por ocho semanas. Resultados: Los resultados indican que el programa de entrenamiento en el umbral anaeróbico no solo mejora la fuerza muscular, sino que también tiene un impacto positivo en la salud cardiovascular, la composición corporal y los marcadores metabólicos, respaldando su eficacia como estrategia integral para mejorar la salud y el rendimiento físico. Conclusiones: Este estudio resalta la efectividad del programa de entrenamiento de 8 semanas basado en el umbral anaeróbico en mejorar la salud general y el rendimiento físico de los participantes.

Palabras clave: Salud, Condición Física, Pronóstico, Fuerza Muscular, Adulto.

Abstract. Introduction: Strength is considered a critical parameter for health and physical performance, and there are various methodologies for its development. However, to date, protocols associated with the anaerobic threshold and its acute effects have not been described. Objectives: The study aims to determine the acute effects of a strength program consisting of performing four exercises for 8 weeks at the anaerobic threshold level on cardiorespiratory fitness, muscular strength, and energy metabolism. Materials and Methods: Fifteen participants, with an average age of 35.5 ± 4 years, height of 1.78 ± 0.09 meters, and weight of 72.1 ± 12.9 kg, were selected through probabilistic sampling. Three evaluations were conducted, including Vo_{2max} , anthropometry, and a strength test to the anaerobic threshold in four exercises, with lactate sampling at each attempt. The load associated with the anaerobic threshold was used as specific intensity to implement a three-day training program for eight weeks. Results: The results indicate that the training program at the anaerobic threshold not only improves muscular strength but also has a positive impact on cardiovascular health, body composition, and metabolic markers, supporting its effectiveness as a comprehensive strategy to improve health and physical performance. Conclusions: This study highlights the effectiveness of the 8-week training program based on the anaerobic threshold in improving the overall health and physical performance of participants.

Keywords: Health, Physical Fitness, Forecasting, Muscular Strength, Adult.

Fecha recepción: 28-12-23. Fecha de aceptación: 26-02-24

Mauro Tauda

mauro.tauda@gmail.com

Introducción

La participación regular en actividad física y ejercicio conlleva numerosos beneficios para la salud y el bienestar, abarcando aspectos fisiológicos, psicológicos y metabólicos. (King et al. 2019; López et al. 2022). Además, la cantidad de actividad física de intensidad moderada a vigorosa realizada semanalmente guarda una relación inversa con la mortalidad por todas las causas, como indican Torres et al. (2018). Asimismo, es esencial evitar el comportamiento sedentario para envejecer de forma saludable, lo que conlleva beneficios que incluyen la reducción de factores de riesgo y enfermedades crónicas, según Ramsey et al. (2021). Ser básicamente activo se revela como un elemento fundamental para mantener la salud y el funcionamiento adecuado de los sistemas fisiológicos a lo largo de toda la vida, como destacan Muñoz et al. (2017).

En este contexto, el desarrollo del fitness respiratorio y la fuerza muscular se emergen como los elementos principales y predictores más importantes para la función, la movilidad, la independencia y las actividades diarias, como

señala Bangsbo et al. (2019). Desde la década de 1980, se han realizado numerosos estudios con el propósito de establecer metodologías específicas para prescribir el entrenamiento de la fuerza con diferentes objetivos de aplicación ya sean diagnósticas, pronósticas o terapéuticas (Decostre et al., 2015; McKay et al., 2017; Benfica et al., 2018; Resende et al., 2020; Fernández y Hoyos 2020; Dornas et al., 2023; Castro et al., 2019). El objetivo principal de estos estudios radica en la importancia de la aplicación y el manejo de la intensidad, que es un factor crítico en todas las poblaciones, principalmente en el contexto de los factores de riesgo cardiovascular y los programas de ejercicio físico. (Shaw et al., 2022; Bingel et al., 2022; OMS 2020; Carvalho et al., 2020; ACSM 2011).

Estudios como el de Gan et al. (2018), mencionan que los efectos principales del ejercicio, incluyen la pérdida de peso, que es un efecto directo de la ganancia de masa muscular, lo que condiciona la sensibilidad a la insulina y, por lo tanto, la actividad energética. Anderson et al. (2016), describen que el entrenamiento de fuerza se correlaciona de manera indirecta con las enfermedades cardiovasculares y es

proporcional a la mortalidad por todas las causas. Giovanucci et al. (2021), coinciden y reportan en un análisis de estudios de cortes prospectivos desde el 2012 hasta el 2020, donde menciona que las actividades de fuerza tienen un efecto directo en las enfermedades cardiovasculares, la diabetes tipo 2, algunos tipos de cáncer y la mortalidad por todas las causas.

Es relevante tener en cuenta la información proporcionada por el estudio de Caruso et al. (2016), que destaca que los beneficios de cualquier programa de ejercicio físico dependen de la prescripción individualizada del estímulo. Los estudios de Lum et al. 2023; Abderrahman et al. 2018, resaltan la presencia de un grado significativo de especificidad de tarea en el movimiento humano y su adaptación. Esta especificidad abarca diversos aspectos, como los patrones de movimiento, las características de las acciones musculares involucradas, la velocidad de movimiento, el rango de movimiento, los grupos musculares entrenados, los sistemas energéticos implicados, la frecuencia, el descanso, el orden de los ejercicios, la intensidad, el volumen y los métodos de entrenamiento. La comprensión de estos aspectos resalta la importancia de diseñar programas de entrenamiento personalizados que consideren las necesidades individuales y los objetivos específicos de cada persona. (Baron et al., 2023; Galiano et al., 2021; Galaviz et al., 2020). Es importante tener en cuenta que los efectos y beneficios del ejercicio no pueden atribuirse a un único protocolo, ya que son multifactoriales y dependen de varios factores. Sin embargo, los protocolos sirven como guías que orientan la programación del entrenamiento de la fuerza. (Peña et al., 2022; Prieto et al., 2022; Villarreal et al., 2020; Saeidifard et al., 2019). Es interesante considerar que, dentro de las diferentes metodologías para el entrenamiento de la fuerza, actualmente no se utiliza ampliamente el umbral anaeróbico como método para el desarrollo de la fuerza, ya que es un concepto relacionado la capacidad aeróbica y no como una medida directa de la fuerza muscular. (Brooks, 2020). Sin embargo, la carga de entrenamiento asociada directamente al lactato se obtiene un valor específico de fuerza asociado a un porcentaje del umbral anaeróbico 'que puede ser utilizado como un índice del trabajo muscular interno guiado por la cinética del lactato. Por lo tanto, permite controlar la intensidad absoluta del entrenamiento. (Casado et al., et al 2022; Impellizzeri et al., 2019). Lo anterior se traduce en una dinámica de trabajo de baja a moderada intensidad. Que en relación a las manifestaciones de la fuerza tendría relación con la resistencia muscular según Badillo et al., (2022).

En la actualidad, se han explorado diversos enfoques y estrategias de entrenamiento de la fuerza que utilizan el lactato y sugieren beneficios asociados con entrenar a intensidades por debajo del umbral anaeróbico. (Masuda et al., 2022; Vargas et al., 2022; Garnacho et al., 2015). Pescatello et al., (2021). Ha sugerido que entrenar a intensidades moderadas puede ser una estrategia adecuada para reducir la carga cardiovascular y controlar la presión arterial. El entrenamiento a intensidades submáximas ha

demostrado ser beneficioso, especialmente en individuos con enfermedades pulmonares, al mejorar la disnea y la capacidad funcional pulmonar (Garber et al., 2020). Además, trabajar a intensidades moderadas se ha asociado con mejoras en la fuerza, calidad de la masa muscular, aumento de la masa ósea, mejor equilibrio y coordinación muscular, así como la reducción de la fragilidad y sarcopenia en poblaciones de tercera edad (ACSM 2021; Pfeiffer et al., 2011). Esta estrategia también puede ser efectiva para disminuir los factores de riesgo en poblaciones sedentarias y facilitar el reintegro deportivo después de una lesión (Mann et al., 2014; Lloyd et al., 2019; Stone et al., 2019).

En resumen, aunque el lactato no se utiliza comúnmente como una medida directa de la fuerza, hay propuestas y enfoques de entrenamiento que sugieren beneficios asociados a trabajar a intensidades moderadas por debajo del umbral anaeróbico en diversas poblaciones, con impactos positivos tanto en la salud como en el rendimiento deportivo. Es crucial ajustar las estrategias de evaluación y entrenamiento según las necesidades y características individuales de cada persona (Hansen, 2022). En última instancia, el objetivo del estudio fue determinar los efectos agudos de un programa de fuerza consistente en la realización de cuatro ejercicios durante 8 semanas a nivel del umbral anaeróbico en el fitness cardiorrespiratorio, fuerza muscular y metabolismo energético.

Materiales y metodos

Descripción de diseño de investigación

Estudio que posee un enfoque cuantitativo y longitudinal, con un diseño cuasiexperimental, con un alcance descriptivo y correlacional.

Población de donde provendrán los participantes

La muestra se obtuvo de la población global del Gimnasio Podium Valdivia mediante un muestreo probabilístico aleatorio simple. Se seleccionaron 15 participantes hombres con las siguientes características: Edad promedio de 35.53 años con una desviación estándar de 4.10. El peso promedio fue de 72.15 kg con una desviación estándar de 12.9 kg, y la estatura promedio fue de 1.78 metros con una desviación estándar de 0.09 metros.

El porcentaje promedio de grasa corporal fue de 23.19% con una desviación estándar de 2.59%, mientras que la masa muscular promedio fue de 41.47 kg con una desviación estándar de 2.69 kg. El consumo máximo de oxígeno (VO₂/kg) promedio fue de 50.80 ml/min/kg con una desviación estándar de 2.24 ml/min/kg. Los participantes proporcionaron su consentimiento informado de manera voluntaria y fueron informados sobre los riesgos y beneficios del estudio de acuerdo con los principios éticos de la Declaración de Helsinki. El estudio cumplió con todas las regulaciones chilenas pertinentes, incluyendo las Leyes N°19.628, N° 20.120 y N° 20.584 sobre protección de datos personales. Además, todas las acciones relacionadas con la protección de los datos y la participación de los sujetos

fueron revisadas y aprobadas por el Comité de Ética de la Institución Universitaria Universidad Santo Tomás. Res. No 23136643/2023.

Criterios Inclusión

Participantes de ambos sexos con edades comprendidas entre 18 y 40 años. con enfermedades crónicas. Nivel de actividad física bajo a moderado. Con experiencia en el entrenamiento de fuerza.

Criterios exclusión

Participantes con contraindicación médica. Lesiones musculoesqueléticas recientes o cirugías. Trastornos cardiovasculares graves. Hipertensión no controlada. Glicemia baja o no controlada.

Estratificación del riesgo

Los individuos participantes en este estudio han sido estratificados como aparentemente sanos y activos, de acuerdo con los cuestionarios de preparación para la actividad física PAR-Q y la evaluación previa a la participación en centros de salud/fitness de la AHA/ACSM. Además, se menciona que han completado el cuestionario de actividad física IPAQ. En base a esta estratificación de riesgo y considerando las directrices de los resultados, se puede inferir que no es necesaria la realización de exámenes médicos adicionales antes de comenzar las pruebas de ejercicios en este grupo de individuos. Esto sugiere que, de acuerdo con los criterios utilizados, se considera que no presentan riesgos significativos para participar en las pruebas de ejercicio propuestas.

Instrumentos de medición

Analizador de Gases Ergoespirómetro Metalyzer Cortex 3B-R3 y Cinta Rodante Motorizada (Modelo H/P/cosmos Mercury®) Utilizado para medir el consumo de oxígeno (Vo₂) durante el ejercicio. Medidor Accutrend Plus: Proporciona mediciones rápidas de lactato, colesterol y triglicéridos. Tensiómetro Digital Autom Omron 7120 – Topmedic: Utilizado para medir la presión arterial. Reloj Polar Vantage V2 HR: Utilizado para medir la frecuencia cardíaca durante el ejercicio.

Antropometría

La evaluación antropométrica fue llevada en el laboratorio y según las normas de la sociedad internacional para el avance de la cineantropometría (Isak). Se realizó un perfil completo.

Protocolo Vo₂ Max

El protocolo de medición directa sigue los lineamientos establecidos por Kokkinos et al., (2018). Inicia con un calentamiento de 10 minutos en la trotadora a 5 kph y una inclinación de 0°. Al concluir el calentamiento, la evaluación comienza a 6 kph con una duración de 1 minuto, manteniendo una inclinación constante de 1° y aumentando progresivamente la velocidad en incrementos de 0.7 kph

hasta alcanzar el agotamiento. Posteriormente, se lleva a cabo una fase de recuperación de 5 minutos a 4 kph con inclinación 0.

Protocolo de fuerza

El procedimiento considera las propuestas de la National Strength and Conditioning Association (2016). Calentamiento 5 minutos de carrera en tapiz rodante, velocidad de 6 kph. 5 minutos de movilidad articular y estiramientos dinámicos, calentamiento específico: se realizaron 3 series de 10 repeticiones con una carga de 5 kilos en el miembro inferior y superior. Se seleccionaron los ejercicios de Press de banca y Remo de pie, y se inició con una carga de 20 kg. Se realizaron aumentos progresivos de 5 kg. Para los ejercicios de Sentadilla media y Peso muerto, se inició con una carga de 20 kg y se realizaron aumentos progresivos de 10 kg. Cada levantamiento se realizó hasta el máximo con 2 a 3 repeticiones por intento. La velocidad de ejecución se realizó de manera controlada en ambas fases (1.5 sg). Se tomó un descanso de 2 minutos entre cada intento. Se recolectaron muestras de sangre de 5 µl. Las muestras se tomaron después de cada paso de la prueba de carga incremental del lóbulo de la oreja. Este procedimiento se repitió hasta alcanzar el último levantamiento.

Protocolo de intervención durante 8 semanas

El protocolo de intervención se extendió a lo largo de 8 semanas, con sesiones programadas en 3 días no consecutivos. Cada sesión tuvo una duración aproximada de 1 hora y 30 minutos e incluyó 4 ejercicios, alternados en su aplicación. Cada sesión comenzó con un calentamiento general de 10 minutos en bicicleta estática o cinta de correr, llevado a cabo a una intensidad del 65% de la frecuencia cardíaca máxima (Fc max). Posteriormente, se realizó un calentamiento específico con cargas equivalentes al 40% de la fuerza alcanzada en el umbral anaeróbico, consistente en dos series de 15 repeticiones con un minuto de descanso entre series. El entrenamiento principal se llevó a cabo con la carga correspondiente al umbral anaeróbico, con 3 series de 8 a 12 repeticiones en los 4 ejercicios planificados. Se otorgaron dos minutos de descanso entre ejercicios y series. Para concluir cada sesión, se realizó un periodo regenerativo de 8 minutos en la cinta de correr, manteniendo una velocidad constante de 6 km/h.

Plan de análisis estadístico de los resultados

El plan de análisis estadístico de los resultados incluye las siguientes etapas: Estadística descriptiva: Se realizarán cálculos de medidas de tendencia central y dispersión para describir los datos generales. Prueba de normalidad: Se utilizará la prueba de Shapiro-Wilk para verificar si los datos seguían una distribución normal. Coeficiente de determinación R²: Se evaluará la bondad de ajuste de las variables mediante este coeficiente. Prueba de correlación de Pearson: para comparar la variabilidad de los resultados entre los datos la Prueba t para pareadas. La prueba F se para evaluar estadísticamente la igualdad de las medias entre los grupos.

Cálculo del tamaño del efecto (ES) y el poder estadístico (1-β): Se determinará el tamaño del efecto para evaluar la magnitud de las diferencias encontradas y se calculó el poder estadístico para determinar la probabilidad de detectar una diferencia real entre los grupos. Software de análisis estadístico: Se utilizó el programa Jamovi versión 18.0 (España) para realizar todas las pruebas estadísticas. Significancia estadística: Se fijó un nivel de significancia de $p < 0,05$, lo que significa que se consideraron estadísticamente significativas las diferencias con un valor de p menor a este umbral. Presentación de resultados: Todos los datos se expresaron como media (M) y desviación estándar (SD) en los análisis estadísticos

Tabla 1. Análisis descriptivo de la muestra.

Variables	N 15					Shapiro-Wilk	
	Media	Mediana	Moda	DE	Varianza	w	P
Edad	35.5	36	38	4.103	16.83	0.953	0.576
Peso	72.1	71.0	57	12.97	168.4	0.933	0.302
Estatura	1.78	1.78	1.70	0.093	0.008	0.924	0.218
% Grasa corporal	24.89	25.40	20.80	2.394	5.731	0.934	0.312
% Masa muscular	41.07	41	39.0	2.695	7.266	0.963	0.742
Presión Sistólica	123.13	123	123.00	3.739	13.980	0.937	0.342
Presión Diastólica	81.00	81	80.00	1.000	1.0000	0.821	0.118
Vo2 ml/kg	50.8	52.0	39.0	7.242	52.457	0.929	0.264
VT2	42.8	43	43.00	3.745	14.028	0.961	0.717
HR	195.70	195	193.00	6.937	48.123	0.964	0.762
Glicemia	95.27	95	95.00	3.473	12.066	0.937	0.350
Colesterol	218.07	213	210	16.45	270.92	0.859	0.023
Triglicéridos	161.47	160	160.00	26.33	693.26	0.754	0.001
Actividad física	289	300	300	79.5	6320	0.883	0.052
Doble producto	22.206	24.354	25.461	6.383	4.07e-7	0.471	0.001
Velocidad	14.53	14	14.00	0.994	0.9809	0.867	0.061

Nota: Vo2= Consumo máximo de oxígeno, Vt2= Umbral anaeróbico. HR= Frecuencia cardiaca. DE= desviación estándar.

En la tabla 1, proporciona información sobre la tendencia central, la dispersión y la forma general de la distribución de cada variable de la muestra. Además, la tabla muestra los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para cada variable. (n15).

Tabla 2. Factores de riesgo de la muestra.

Factores riesgo	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15
Historial familiar	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0
Tabaco	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Comp. sedente	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
Obesidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Presión arterial	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0
Dislipidemia	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Pre/diabetes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Numero factores	3	2	2	3	1	4	3	2	3	2	4	3	2	2	2

Nota: La tabla 2, muestra la presencia o ausencia de diferentes factores de riesgo.

La Tabla 2, describe el número de factores de riesgo de cada sujeto de la muestra, lo que permite establecer los criterios de estratificación y estimar los parámetros de entrenamiento en relación a la intensidad del ejercicio.

Resultados

Los resultados en la Tabla 3, corresponden a una prueba

de fuerza antes (Pre) y después (Post) de un programa de entrenamiento de 8 semanas, realizado tres días a la semana. Los datos representan la carga utilizada en diferentes ejercicios antes y después de un período de entrenamiento. Los ejercicios realizados son: Sentadilla, Remo pie, Peso muerto y un cuarto ejercicio no especificado. Se tomaron mediciones de lactato, frecuencia cardíaca máxima (FC máx) y percepción subjetiva del esfuerzo (Borg) antes y después de las pruebas. los valores de lactato, FC máx y Borg representan el promedio máximo de los 4 ejercicios.

Tabla 3. Prueba de fuerza hasta el umbral anaeróbico.

Pres B		Sentadilla		Remo pie		Peso muerto		Lactato		Fc max		Borg	
Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
70	80	75	80	60	70	80	90	4.1	4.0	168	170	7	7
65	70	80	85	65	70	85	90	4.0	4.0	174	175	8	8
70	75	80	85	60	70	85	90	4.2	4.1	170	170	6	6
60	75	85	90	50	60	85	100	4.1	4.0	173	175	7	7
70	80	80	90	65	70	80	90	4.3	4.1	168	170	8	8
80	90	75	85	70	75	75	80	4.0	4.0	175	178	5	5
70	80	80	85	70	80	80	85	4.1	4.1	165	169	6	6
70	80	80	90	60	70	80	90	4.0	4.0	170	175	7	7
65	70	75	85	60	65	75	80	4.2	4.0	180	183	8	8
70	75	80	90	60	70	80	90	4.1	4.0	179	181	6	6
60	70	70	85	50	55	65	75	4.1	4.1	175	177	5	5
70	80	80	95	60	70	80	85	4.0	4.0	169	165	8	8
80	85	80	95	70	75	85	90	4.2	4.0	173	179	6	6
70	80	85	90	75	80	90	100	4.1	4.1	175	181	8	8
70	90	85	90	60	75	85	80	4.2	4.0	175	180	7	7

Nota: Valores de carga alcanzados en una prueba de fuerza hasta el umbral anaeróbico. Los valores de lactato, Frecuencia cardiaca (FC) y Percepción subjetiva del esfuerzo (Borg) son el promedio maximal de los 4 ejercicios. (15).

Tabla 4. Prueba T para muestra pareadas. Media de los resultados.

Elementos	Carga		Dif M	P 0.05	EE	IC95%		D	IC 95%	
	Pre	post				INF	SUP		Cohen	INF
Ejercicios	Pre	post	Dif M	P 0.05	EE	INF	SUP	Cohen	INF	SUP
Pres banca	69.3	78.6	-9.33	<.001	1.07	-11.64	-7.02	-2.23	-3.19	-1.26
sentadilla	79.33	88.00	-8.66	<.001	1.03	-10.87	-6.45	-2.17	3.10	-1.21
Remo pie	62.33	70.33	-8.00	<.001	0.81	-9.75	-6.24	-2.53	3.57	-1.46
Peso m	80.67	87.67	-7.00	<.001	1.17	-9.520	-4.48	-1.53	-2.28	-0.76
Lactato	4.11	4.03	0.08	<.003	0.02	0.03	0.12	0.92	0.30	1.52
Fc	172.7	175.2	2.60	<.001	0.66	-4.01	-1.18	-1.01	-1.63	-0.37

Nota: Resultados prueba T muestras pareadas. Peso m= peso muerto ejercicio. Fc= Frecuencia cardiaca (Ppm).

Los resultados de la prueba T para muestras pareadas Tabla 4, indican mejoras significativas en la capacidad de levantamiento en ejercicios específicos, ($p < 0.001$). así como una disminución ligera en los niveles de lactato y un aumento en la frecuencia cardíaca durante el ejercicio.

La concentración promedio de lactato disminuyó significativamente después del entrenamiento ($p < 0.003$). La frecuencia cardíaca promedio aumentó ligeramente después del entrenamiento ($p < 0.001$).

Estos hallazgos sugieren adaptaciones fisiológicas y de rendimiento asociadas con el entrenamiento físico, incluyendo una mejora en la eficiencia del ejercicio y cambios en la respuesta cardiovascular. Estos hallazgos sugieren adaptaciones positivas en la resistencia y la eficiencia del sistema cardiovascular, así como mejoras en la capacidad anaeróbica durante el período de entrenamiento

Tabla 5.
Análisis descriptivos.

Variables	Media	DE	EE	Dif	P 0.5	IC 95%	Cohen	IC 95%		
% Grasa pre	25.0	2.23	0.57	3.84	< 0.001	2.70	4.97	1.86	1.00	2.70
% Grasa post	21.1	2.42	0.62							
Peso pre	72.1	12.9	3.35	1.12	< 0.001	-1.32	-0.92	-3.10	-4.33	-1.85
Peso post	73.3	12.9	3.33							
% Masa pre	41.1	2.22	0.58	1.22	<0.001	-1.86	-0.57	-1.04	-1.67	-0.40
% Masa post	42.3	2.10	0.54							
Vo2 ml/kg pree	50.8	7.24	1.87	1.26	<0.001	-1.56	-0.95	-2.30	-3.28	-1.31
Vo2 ml/kg post	52.1	6.94	1.79							
VT2 pre	42.8	3.74	0.96	2.800	<0.001	-6.51	0.91	0.41	-0.93	0.11
VT2 post	45.6	8.55	2.21							
PAS pre	123.1	3.73	0.96	2.00	<0.005	0.69	3.30	0.84	0.24	1.43
PAS post	121.1	1.64	0.42							
PAD pre	77.3	3.63	0.93	3.00	<0.007	-5.01	-0.98	-0.82	-1.40	-0.22
PAD post	80.3	0.617	0.15							
Glicemia pre	95.3	3.47	0.89	11.73	< 0.001	8.58	14.88	2.06	1.14	2.96
Glicemia post	83.5	6.44	1.66							
Colesterol pre	218.1	16.46	4.25	19.13	< 0.001	14.05	24.21	2.08	1.15	2.99
Colesterol post	198.9	11.05	2.85							
TG pre	161.5	26.33	6.78	4.40	>0,246	-8.98	17.78	2.99	1.77	4.19
TG post	157.1	11.30	2.91							
ACTF pre	289.3	79.50	20.52	2.69	<0.001	-353	-184	-1.76	-2.57	-0.93
ACTF post	558.7	99.56	25.7							
HR pre	196.3	7.23	1.86	4.80	<0.001	2.50	7.09	1.15	0.48	1.80
HR post	191.5	5.38	1.39							
Velocidad pree	14.5	0.99	0.25	1.40	<0.001	-2.32	0.99	-0.22	-0.73	0.29
Velocidad post	15.9	1.033	0.26							
DPD pre	2423	1288	332.6	10.44	<0.001	601	1487	0.182	-0.332	0.689
DPD post	2319	763.0	197.0							

Nota: DE= Desviación estándar de la media, EE= Error estándar de la media, PAS= Presión arterial sistólica, PAD= Presión arterial diastólica. TG=Triglicéridos, ACTF=Nivel de actividad física, HR= Frecuencia cardiaca, DPD= Doble producto.

Los resultados en la Tabla 5, indican que el programa de entrenamiento de 8 semanas tuvo un impacto positivo en la salud y el rendimiento físico de los participantes. Se observaron mejoras significativas en la composición corporal, la capacidad cardiovascular, la presión arterial, el perfil metabólico y el nivel de actividad física.

Discusión

Los resultados de la evaluación del programa de entrenamiento de 8 semanas, enfocado en el fortalecimiento a través del umbral anaeróbico, han tenido un impacto positivo en varios aspectos claves evaluados. En relación a la fuerza muscular se observaron mejoras significativas en la fuerza muscular en los cuatro ejercicios evaluados: Pres de Banco, Sentadillas, Remo de Pie y Peso Muerto. Las mejoras en la fuerza oscilaron entre 5 kg y 10 kg en cada ejercicio después del programa de entrenamiento de 8 semanas. Fuerza muscular: Cohen's d = 1.07 (Pres de Banco), 1.03. La carga aumentó de 69.3 kg a 78.6 kg, lo que representa un aumento significativo de 9.3 kg ($p < 0.001$). (Sentadillas), 0.81. La carga aumentó de 79.33 kg a 88.00 kg, lo que representa un aumento significativo de 8.66 kg ($p < 0.001$). (Remo de Pie), 1.17. La carga aumentó de 62.33 kg a 70.33 kg, lo que representa un aumento significativo de 8.00 kg ($p < 0.001$). (Peso Muerto). -1.53. La carga aumentó de 80.67 kg a 87.67 kg, lo que representa un aumento significativo de 7.00 kg ($p < 0.001$).

No se observaron cambios significativos en los niveles de lactato en sangre antes y después del programa de entrenamiento. Esto sugiere una adaptación al esfuerzo con el tiempo, donde los participantes se volvieron más eficientes

en la gestión del lactato producido durante el ejercicio anaeróbico. Lactato: Cohen's d = 0.30. Frecuencia Cardíaca (FC): se mantuvieron constantes antes y después del programa de entrenamiento. Esto indica que los participantes no requirieron un mayor esfuerzo cardiovascular para alcanzar las nuevas cargas de entrenamiento, lo que sugiere adaptación al esfuerzo. FC: Cohen's d = -1.01. Percepción La percepción subjetiva del esfuerzo, evaluada con la escala de Borg, mostró niveles comparables antes y después del programa. Esto sugiere que los participantes se adaptaron al esfuerzo a lo largo del tiempo y enfrentaron las demandas de manera más efectiva.

Los valores de la Tabla 5, Impacto positivo del programa en salud y rendimiento: Grasa corporal: (25,0% a 21,1%). Masa muscular: (41,1% a 42,3%). Capacidad Cardiovascular: VO2 ml/kg: (50,8 a 52,1). Umbral anaeróbico (VT2): (42.8 a 45.6). Presión Arterial: PAS: Ligera disminución (123,1 mm Hg a 121,1 mm Hg). PAD: Ligero aumento (77,3 mm Hg a 80,3 mm Hg). Perfil Metabólico: Glicemia: (95.3 mg/dL a 83.5 mg/dL). Colesterol: 218.1 mg/dL a 198.9 mg/dL). Triglicéridos: (161,5 mg/dL a 157,1 mg/dL). Nivel de Actividad Física: Aumento significativo (289.3 a 558.7). Frecuencia Cardíaca y Rendimiento: FC: Disminución significativa (196,3 a 191,5 LPM). Velocidad: Aumento significativo (14.5 km/h a 15.9 km/h). Doble Producto (DPD): Reducción significativa (2423 a 2319).

La literatura revisada proporciona una comprensión más amplia sobre la importancia de la intensidad en el entrenamiento y sus efectos en la salud y el rendimiento. Nuzzo et al. (2023), resaltan que la intensidad es un factor crucial que influye en la salud y el rendimiento, especial-

mente en movimientos que involucran grandes grupos musculares. Faelli et al. (2020) sugieren que intensidades superiores al 70% de la fuerza máxima dinámica pueden inducir efectos catabólicos y reacciones agudas de estrés, con beneficios en el metabolismo energético y la composición corporal después de 8 semanas de entrenamiento.

El estudio de Faelli et al. (2020) sugiere que las intensidades de entrenamiento superiores al 70% de la fuerza máxima dinámica pueden desencadenar un mayor efecto catabólico, lo que resulta en la inducción de reacciones agudas de estrés y un consiguiente aumento en los niveles de cortisol. Estos efectos se han asociado con beneficios directos en el metabolismo energético y la composición corporal después de un período de entrenamiento de 8 semanas. Por otro lado, Tøien et al. (2022) resaltan la importancia de varios factores, incluida la velocidad y el rango de movimiento, además de la intensidad y el volumen, en los efectos crónicos y agudos del entrenamiento en la salud y el rendimiento deportivo. Asimismo, la ACSM (2021) ha examinado los efectos agudos y crónicos del entrenamiento de fuerza en diversas intensidades, y ha observado mayores beneficios cuando se trabaja con intensidades superiores al 60% de la fuerza máxima (1RM).

Los estudios de Warneke et al. (2023) y Moesgaard et al. (2022) respaldan esta noción. Schoenfeld et al. (2015) han informado sobre efectos significativos en el metabolismo energético y la composición corporal al utilizar intensidades que varían desde el 30% al 50% de la fuerza máxima (1RM), así como intensidades más altas que oscilan entre el 75% y el 90% de 1RM. Además, Sadjapong et al. (2020), han reportado beneficios al emplear intensidades moderadas, llegando incluso al punto de fallo muscular. Estos hallazgos enfatizan la importancia de considerar una amplia gama de intensidades de entrenamiento para optimizar los resultados en la salud y el rendimiento físico. En un estudio realizado por Diner et al. (2019), durante 12 semanas, se compararon intensidades del 30% y el 80% de la fuerza máxima (1RM), y se encontraron beneficios tanto en el metabolismo energético como en la composición corporal con ambos métodos.

Por otro lado, Jenkins et al., (2017), investigaron las adaptaciones neuromusculares en contracciones máximas y submáximas después de 6 semanas de entrenamiento de resistencia con cargas del 80% y del 30% de 1RM hasta el fallo, y descubrieron beneficios con ambas cargas de entrenamiento. Además, Lasevicius et al. (2018) llevaron a cabo un estudio exploratorio sobre el efecto de diferentes intensidades en el aumento de la masa muscular, y los resultados indicaron que todas las cargas son efectivas, pero las adaptaciones más significativas se obtuvieron con cargas superiores al 75% de la fuerza máxima. Actualmente, existe una sólida base de evidencia respaldando los beneficios del entrenamiento de fuerza para mejorar la salud y el estado físico (Hart y Buck, 2019; Rajkumar y Divya, 2018). Aunque hay discrepancias en cuanto a la intensidad y la metodología más efectiva, se observa una tendencia hacia intensidades más altas. Sin embargo, se destaca que la combinación de métodos

aeróbicos y de fuerza ha demostrado brindar mayores beneficios para la salud en comparación con intervenciones individuales (Zores et al., 2019; Woodruffe et al., 2015; Niebauer et al., 2013; Piepoli et al., 2011).

Es relevante señalar que los estudios mencionados utilizaron una carga de trabajo externa absoluta, sin considerar la carga de entrenamiento como variable relativa al metabolismo energético. Este enfoque podría resultar en diferencias significativas en el estrés metabólico y cardiovascular interno entre los individuos. Por lo tanto, se sugiere "individualizar" la prescripción del ejercicio, considerando la intensidad relativa para obtener respuestas adaptativas más predecibles. Este enfoque encuentra respaldo en la investigación de Bingel et al., (2022). El uso del lactato como herramienta para cuantificar la intensidad del ejercicio y evaluar la fuerza se considera una estrategia confiable.

Esto se debe a que el nivel de lactato en sangre puede proporcionar información valiosa sobre la respuesta metabólica y cardiovascular de un individuo durante la actividad física, según se destaca en la investigación de Mate et al. (2015). Aunque el lactato se ha utilizado tradicionalmente como indicador de fatiga muscular y capacidad aeróbica en lugar de como una medida directa para cuantificar la fuerza muscular, esta perspectiva está respaldada por la investigación de Brooks (2018). El lactato, como subproducto del metabolismo anaeróbico, se acumula en los músculos durante el ejercicio intenso y puede estar vinculado con la fatiga muscular y la capacidad aeróbica, aunque no se emplea comúnmente como medida directa de la fuerza muscular. Es fundamental destacar que actualmente no existen investigaciones que propongan el lactato como un método para evaluar la fuerza en el contexto de la salud o como una herramienta de entrenamiento específica para este propósito. No obstante, en la literatura científica se ha observado una alta correlación entre el lactato y la carga de trabajo, así como con los umbrales respiratorios. Estudios como los de Tagashira et al. (2021), Spendier et al. (2020), Albesa et al. (2019), Maté et al. (2017), Ofner et al. (2014), de Sousa et al. (2011) y Moreira et al. (2008) que han investigado estas relaciones.

Además, se ha explorado el uso del lactato en la regulación y control de la intensidad en poblaciones que se inician en el entrenamiento de fuerza o en personas con patologías crónicas de diferentes edades que pueden tener limitaciones físicas debido a su estado de salud. Esto puede contribuir a aprender la forma y la técnica apropiadas, reduciendo así la posibilidad de lesiones musculares (Carvalho et al., 2022; Schoenfeld et al., 2017).

Algunos estudios, como los de Brad et al. (2016) y Domínguez et al. (2016), sugieren que trabajar la fuerza en niveles por debajo del umbral de lactato (Lt2) puede resultar en mayores mejoras del rendimiento funcional al mejorar el equilibrio y la coordinación muscular, y puede aumentar la adherencia al programa de entrenamiento.

Además, Lixandrão et al. (2018) destacan que el entrenamiento con cargas más bajas es un enfoque válido y efectivo para aumentar la fuerza muscular en un amplio rango

de edades y capacidades físicas, lo que puede ser particularmente interesante para aquellas personas con limitaciones físicas. Spindier et al. (2022) mencionan que, al utilizar el lactato como indicador de la fuerza muscular, se busca identificar el umbral o nivel de carga específico que promueve adaptaciones favorables en el sistema musculoesquelético y cardiovascular. Simões et al., (2014). Establecen que las cargas de trabajo para el entrenamiento de fuerza correspondientes al umbral anaeróbico podrían ser un estímulo de entrenamiento ideal para controlar la glucosa en sangre en individuos con diabetes mellitus tipo 2 (DM2). Los resultados obtenidos del protocolo de entrenamiento de fuerza en el umbral anaeróbico durante un período de 8 semanas respaldan la efectividad de la valoración relativa de la fuerza muscular. La relación entre los niveles de lactato y la frecuencia cardíaca, vinculada al modelo trifásico de Skinner y McLellan (1980), subraya la importancia de considerar la relación entre la fuerza, la resistencia y el metabolismo energético al diseñar programas de entrenamiento. Este enfoque innovador, que utiliza el lactato como indicador de carga, ofrece una guía más precisa y eficaz para la prescripción de programas de entrenamiento de fuerza, con el potencial de personalizar el entrenamiento según las necesidades individuales. La evidencia respalda la utilidad del lactato como herramienta confiable en la evaluación y control de la intensidad del ejercicio, brindando información valiosa sobre la respuesta metabólica y cardiovascular durante la actividad física.

Conclusiones

Los resultados de este estudio respaldan la eficacia del programa de entrenamiento analizado y destacan la importancia de considerar la intensidad relativa como un factor crucial en el entrenamiento de fuerza, especialmente en relación con la mejora del rendimiento y la salud.

Aplicación práctica

La metodología de entrenamiento en el umbral anaeróbico y el enfoque de evaluación relativa de la fuerza muscular tienen aplicaciones prácticas en la personalización y mejora de los programas de entrenamiento de fuerza, beneficiando a individuos de diversas edades, niveles de condición física y condiciones de salud. Esto puede resultar en programas más efectivos, seguros y sostenibles, con alcances en el rendimiento y la salud. Las zonas de entrenamiento se determinan en relación a la prueba de fuerza y los umbrales de lactato correspondientes.

Tabla 6.
Zonas de Entrenamiento basada en umbrales de Lactato a través de la fuerza.

Zona de Entrenamiento	Rango de Carga (Kg)	Rango de Lactato (mmol/l)	Rango de FC (Ppm)	Rango Borg	Intensidad relativa
1	20 - 30	1.41 - 1.46	106 - 124	2	Baja
2	35 - 50	1.70 - 2.62	130 - 150	3 a 5	Moderada
3	55 - 65	2.92 - 3.71	155 - 165	5 a 7	Alta
4	70 - 90	3.86 - 4.20	169 - 183	7 a 9	Máxima

Nota: Zonas de entrenamiento determinadas en relación a la prueba de fuerza.

Limitaciones

Las limitaciones de utilizar el lactato como indicador de carga y la evaluación relativa de la fuerza muscular incluyen la variabilidad individual en las respuestas, la necesidad de equipamiento especializado, dificultades en la implementación práctica, consumo de tiempo y recursos, interacciones fisiológicas complejas, y la Falta de evidencia.

Potencial presencia de conflictos de interés

El presente trabajo declara no tener conflictos de intereses.

Financiación

Con el apoyo del Departamento de kinesiología Universidad Santo Tomas Valdivia.

Referencias

- Ab, A., Rhibi, Ouerghi, Ac, H., Saeidi, & Zouhal. (2018). Effects of recovery mode during high intensity interval training on glucoregulatory hormones and glucose metabolism in response to maximal exercise. *Journal of Athletic Enhancement*, 07(03). <https://doi.org/10.4172/2324-9080.1000292>
- Albesa-Albiol, L., Serra-Payá, N., Garnacho-Castaño, M. A., Guirao Cano, L., Pleguezuelos Cobo, E., Maté-Muñoz, J. L., & Garnacho-Castaño, M. V. (2019). Ventilatory efficiency during constant-load test at lactate threshold intensity: Endurance versus resistance exercises. *PLoS One*, 14(5), e0216824. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216824>
- Anderson, L., Oldridge, N., Thompson, D. R., Zwisler, A.-D., Rees, K., Martin, N., & Taylor, R. S. (2016). Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease: Cochrane systematic review and meta-analysis. *Journal of the American College of Cardiology*, 67(1), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2015.10.044>
- Bangsbo, J., Blackwell, J., Boraxbekk, C.-J., Caserotti, P., Dela, F., Evans, A. B., Jespersen, A. P., Gliemann, L., Kramer, A. F., Lundbye-Jensen, J., Mortensen, E. L., Lassen, A. J., Gow, A. J., Harridge, S. D. R., Hellsten, Y., Kjaer, M., Kujala, U. M., Rhodes, R. E., Pike, E. C. J., ... Viña, J. (2019). Copenhagen Consensus statement 2019: physical activity and ageing. *British Journal of Sports Medicine*, 53(14), 856-858. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-100451>
- Barón Barón, AC, Fernández Ortega, JA, & Camargo Rojas, DA (2023). Efectos de dos programas de entrenamiento de fuerza sobre la capacidad física funcional y activación muscular en un grupo de adultos mayores. *Retos digitales*, 51, 741-748. doi:10.47197/retos.v51.99901
- González-Badillo, J. J., Sánchez-Medina, L., Ribas-Serna, J., & Rodríguez-Rosell, D. (2022). Toward a New Paradigm in Resistance Training by Means of Velocity Monitoring: A Critical and Challenging Narrative. *Sports medicine - open*, 8(1), 118. <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00513-z>
- Benfica, P. do A., Aguiar, L. T., Brito, S. A. F. de, Bernardino, L. H. N., Teixeira-Salmela, L. F., & Faria, C. D. C. de M. (2018). Reference values for muscle strength: a systematic

- review with a descriptive meta-analysis. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 22(5), 355–369. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2018.02.006>
- Bingel, A., Messroghli, D., Weimar, A., Runte, K., Salcher-Konrad, M., Kelle, S., & Kelm, M. (2022). Hemodynamic changes during physiological and pharmacological stress testing in patients with heart failure: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 9. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.71811>
- Brooks, G. A. (2018). The science and translation of lactate shuttle theory. *Cell Metabolism*, 27(4), 757–785. <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2018.03.008>
- Brooks, G. A. (2020). Lactate as a fulcrum of metabolism. *Redox Biology*, 35(101454), 101454. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2020.101454>
- Caruso, F. R., Junior, J. C. B., Mendes, R. G., Sperling, M. P., Arakelian, V. M., Bassi, D., Arena, R., & Borghi-Silva, A. (2016). Hemodynamic and metabolic response during dynamic and resistance exercise in different intensities: a cross-sectional study on implications of intensity on safety and symptoms in patients with coronary disease. *American Journal of Cardiovascular Disease*, 6(2), 36–45.
- Casado A, González-Mohino F, González-Ravé JM, Foster C. Training Periodization, Methods, Intensity Distribution, and Volume in Highly Trained and Elite Distance Runners: A Systematic Review. *Int J Sports Physiol Perform*. 2022 Jun 1;17(6):820-833. doi: 10.1123/ijsp.2021-0435. Epub 2022 Apr 13. PMID: 35418513.
- Castro jimenez, L. E., Galvez Pardo, A. Y., Guzman Quintero, G. A., & Garcia Muñoz, A. I. (2019). Fuerza explosiva en adultos mayores, efectos del entrenamiento en fuerza máxima (Explosive strength in older adults, training effects on maximum strength). *Retos digital*, 36, 64–68. <https://doi.org/10.47197/retos.v36i36.66715>
- Carvalho, L., Junior, R. M., Barreira, J., Schoenfeld, B. J., Orazem, J., & Barroso, R. (2022). Muscle hypertrophy and strength gains after resistance training with different volume-matched loads: a systematic review and meta-analysis. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, 47(4), 357–368. <https://doi.org/10.1139/apnm-2021-0515>
- Colegio Americano de Medicina Deportiva (ACSM). (2021). *Directrices del ACSM para pruebas de ejercicio y prescripción* (11a ed.). Wolters Kluwer Salud.
- De Sousa, N. M. F., Magosso, R. F., Pereira, G. B., Leite, R. D., Arakelian, V. M., Montagnoli, A. N., Perez, S. A., & Baldissera, V. (2011). The measurement of lactate threshold in resistance exercise: a comparison of methods: Lactate threshold in resistance training. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 31(5), 376–381. <https://doi.org/10.1111/j.1475-097x.2011.01027.x>
- Decostre, V., Canal, A., Ollivier, G., Ledoux, I., Moraux, A., Doppler, V., Payan, C. A. M., & Hogrel, J.-Y. (2015). Wrist flexion and extension torques measured by highly sensitive dynamometer in healthy subjects from 5 to 80 years. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 16(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s12891-015-0458-9>
- Dinyer, T. K., Byrd, M. T., Garver, M. J., Rickard, A. J., Miller, W. M., Burns, S., Clasey, J. L., & Bergstrom, H. C. (2019). Low-load vs. High-load resistance training to failure on one repetition maximum strength and body composition in untrained women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(7), 1737–1744. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003194>
- Directrices del ACSM para pruebas de ejercicio y prescripción*. (2021). Wolters Kluwer Salud.
- Domínguez, R. (2016). Efectos del entrenamiento contra resistencias o resistance training en diversas patologías. *Nutricion Hospitalaria: Organo Oficial de La Sociedad Espanola de Nutricion Parenteral y Enteral*, 33(3). <https://doi.org/10.20960/nh.284>
- Dornas, F. M., Bispo, F. M. M., Viana, Y. G., Vasconcelos, J. M., de Carvalho Lana, R., & Polese, J. C. (2023). Predictors of balance in individuals with Parkinson's disease: A cross-sectional study. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 35, 64–68. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2023.04.041>
- Faelli, E., Bisio, A., Codella, R., Ferrando, V., Perasso, L., Panasci, M., Saverino, D., & Ruggeri, P. (2020). Acute and chronic catabolic responses to CrossFit® and resistance training in young males. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(19), 7172. <https://doi.org/10.3390/ijerph17197172>
- Fernández Ortega, JA y Hoyos Cuartas, LA (2020). Efectos de la velocidad de entrenamiento en fuerza sobre manifestaciones diversas de la fuerza en mujeres adultas mayores. *Retos digitales*, (38), 325–332. doi:10.47197/retos.v38i38.73917
- Gan, Z., Fu, T., Kelly, D. P., & Vega, R. B. (2018). Skeletal muscle mitochondrial remodeling in exercise and diseases. *Cell Research*, 28(10), 969–980. <https://doi.org/10.1038/s41422-018-0078-7>
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., & Lee, I.-M. (2011). American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(7), 1334–1359. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213f8fb>
- Garnacho-Castaño MV, Domínguez R, Ruiz-Solano P, Maté-Muñoz JL. Acute Physiological and Mechanical Responses During Resistance Exercise at the Lactate Threshold Intensity. *J Strength Cond Res*. 2015 Oct;29(10):2867-73. doi: 10.1519/JSC.0000000000000956. PMID: 25844868.
- Giovannucci, E. L., Rezende, L. F. M., & Lee, D. H. (2021). Muscle-strengthening activities and risk of cardiovascular disease, type 2 diabetes, cancer and mortality: A review of prospective cohort studies. *Journal of Internal Medicine*, 290(4), 789–805. <https://doi.org/10.1111/joim.13344>
- Galiano, C., Floria, P., Muñoz-López, A. y Nuñez, FJ (2021). La falta de experiencia en el uso del dispositivo de inercia rotacional es una limitación para el rendimiento mecánico en sentadillas (La falta de experiencia es una limitación para el rendimiento mecánico en sentadillas cuando se usan dispositivos de inercia rotacional). *Retos digitales*, 42, 12–17. doi:10.47197/retos.v42i0.85714
- Hansen, D., Abreu, A., Ambrosetti, M., Cornelissen, V., Gevaert, A., Kemps, H., Laukkanen, J. A., Pedretti, R., Simonenko, M., Wilhelm, M., Davos, C. H., Reviewers:, Doehner, W., Iliou, M.-C., Kränkel, N., Völler, H., & Piepoli, M. (2022). Exercise intensity assessment and prescription in cardiovascular rehabilitation and beyond: why and how: a position statement from the Secondary Prevention and Rehabilitation Section of the European Association of Preventive Cardiology. *European Journal of Preventive Cardiology*, 29(1), 230–245. <https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwab007>

- Hart, P. D., & Buck, D. J. (2019). The effect of resistance training on health-related quality of life in older adults: Systematic review and meta-analysis. *Health Promotion Perspectives*, 9(1), 1–12. <https://doi.org/10.15171/hpp.2019.01>
- Jenkins, N. D. M., Miramonti, A. A., Hill, E. C., Smith, C. M., Cochrane-Snyman, K. C., Housh, T. J., & Cramer, J. T. (2017). Greater neural adaptations following high- vs. Low-load resistance training. *Frontiers in Physiology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00331>
- King, A. C., Powell, K. E., & Kraus, W. E. (2019). The US physical activity guidelines advisory committee report-introduction. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(6), 1203–1205. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001946>
- Kokkinos P, Kaminsky LA, Arena R, Zhang J, Myers J. Una nueva ecuación generalizada en cicloergometría para predecir el consumo máximo de oxígeno: el Registro de aptitud física y la base de datos nacional sobre la importancia del ejercicio (FRIEND). *Revista Europea de Cardiología Preventiva*. 2018;25(10):1077-1082. doi: 10.1177/2047487318772667
- Impellizzeri FM, Marcora SM, Coutts AJ. Internal and External Training Load: 15 Years On. *Int J Sports Physiol Perform*. 2019 Feb 1;14(2):270-273. doi: 10.1123/ijsp.2018-0935. Epub 2019 Jan 6. PMID: 30614348.
- Lasevicius, T., Ugrinowitsch, C., Schoenfeld, B. J., Roschel, H., Tavares, L. D., De Souza, E. O., Laurentino, G., & Tricoli, V. (2018). Effects of different intensities of resistance training with equated volume load on muscle strength and hypertrophy. *European Journal of Sport Science: EJSS: Official Journal of the European College of Sport Science*, 18(6), 772–780. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1450898>
- Liguori, G. (2021). *Directrices del ACSM para pruebas de ejercicio y prescripción*. Wolters Kluwer Salud.
- Lixandrão, M. E., Ugrinowitsch, C., Berton, R., Vechin, F. C., Conceição, M. S., Damas, F., Libardi, C. A., & Roschel, H. (2018). Magnitude of muscle strength and mass adaptations between high-load resistance training versus low-load resistance training associated with blood-flow restriction: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(2), 361–378. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0795-y>
- Lopez, P., Radaelli, R., Taaffe, D. R., Galvão, D. A., Newton, R. U., Nonemacher, E. R., Wendt, V. M., Bassanesi, R. N., Turella, D. J. P., & Rech, A. (2022). Moderators of resistance training effects in overweight and obese adults: A systematic review and meta-analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 54(11), 1804–1816. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002984>
- Lum, D., Joseph, R., Ong, K. Y., Tang, J. M., & Suchomel, T. J. (2023). Comparing the effects of long-term vs. Periodic inclusion of isometric strength training on strength and dynamic performances. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 37(2), 305–314. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004276>
- Lloyd, R. S., Cronin, J. B., Faigenbaum, A. D., Haff, G. G., Howard, R., Kraemer, W. J., Micheli, L. J., Myer, G. D., & Oliver, J. L. (2016). National strength and conditioning association position statement on long-term athletic development. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(6), 1491–1509. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001387>
- Mann, S., Beedie, C., & Jimenez, A. (2014). Differential effects of aerobic exercise, resistance training and combined exercise modalities on cholesterol and the lipid profile: review, synthesis and recommendations. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 44(2), 211–221. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0110-> (n.d.).
- Maté-Muñoz, J. L., Domínguez, R., Barba, M., Monroy, A. J., Rodríguez, B., Ruiz-Solano, P., & Garnacho-Castaño, M. V. (2015). Cardiorespiratory and metabolic responses to loaded half squat exercise executed at an intensity corresponding to the lactate threshold. *Journal of Sports Science & Medicine*, 14(3), 648–656.
- Maté-Muñoz, J. L., Domínguez, R., Lougedo, J. H., & Garnacho-Castaño, M. V. (2017). The lactate and ventilatory thresholds in resistance training. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 37(5), 518–524. <https://doi.org/10.1111/cpf.12327>
- Masuda, T., Takeuchi, S., Kubo, Y., & Nishida, Y. (2022). Validity of anaerobic threshold measured in resistance exercise. *Journal of physical therapy science*, 34(3), 199–203. <https://doi.org/10.1589/jpts.34.199>
- McKay, M. J., Baldwin, J. N., Ferreira, P., Simic, M., Vanicek, N., Burns, J., & For the 1000 Norms Project Consortium. (2017). Normative reference values for strength and flexibility of 1,000 children and adults. *Neurology*, 88(1), 36–43. <https://doi.org/10.1212/wnl.00000000000003466>
- Mitter, B., Csapo, R., Bauer, P., & Tschann, H. (2022). Reproducibility of strength performance and strength-endurance profiles: A test-retest study. *PLoS One*, 17(5), e0268074. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268074>
- Moesgaard, L., Beck, M. M., Christiansen, L., Aagaard, P., & Lundbye-Jensen, J. (2022). Effects of periodization on strength and muscle hypertrophy in volume-equated resistance training programs: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 52(7), 1647–1666. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01636-1>
- Moreira, S. R., Arsa, G., Oliveira, H. B., Lima, L. C. J., Campbell, C. S. G., & Simões, H. G. (2008). Methods to identify the lactate and glucose thresholds during resistance exercise for individuals with type 2 diabetes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(4), 1108–1115. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e31816eb47c>
- Muñoz-Martínez, F. A., Rubio-Arias, J. Á., Ramos-Campo, D. J., & Alcaraz, P. E. (2017). Effectiveness of resistance circuit-based training for maximum oxygen uptake and upper-body one-repetition maximum improvements: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(12), 2553–2568. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0773-4>
- Noncommunicable diseases. (2020, March 17). *Assessing national capacity for the prevention and control of noncommunicable diseases: report of the 2019 global survey*. Who.int; World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240002319>
- Nuzzo, J. L., Pinto, M. D., Nosaka, K., & Steele, J. (2023). The eccentric:Concentric strength ratio of human skeletal muscle in vivo: Meta-analysis of the influences of sex, age, joint action, and velocity. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 53(6), 1125–1136. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01851-y>
- Ofner, M., Wonisch, M., Frei, M., Tschakert, G., Domej, W., Kröpl, J. M., & Hofmann, P. (2014). Influence of acute normobaric hypoxia on physiological variables and lactate turn point determination in trained men. *Journal of Sports Science & Medicine*, 13(4), 774–781.

- Pescatello, L. S., Wu, Y., Panza, G. A., Zaleski, A., & Guidry, M. (2021). Development of a novel clinical decision support system for exercise prescription among patients with multiple cardiovascular disease risk factors. *Mayo Clinic Proceedings. Innovations, Quality & Outcomes*, 5(1), 193–203. <https://doi.org/10.1016/j.mayocpiqo.2020.08.005>
- Peña, J. C., Martín-Aleman, W. F., Alberto-Cardozo, L., Castillo-Daza, C. A., Andres-Yanez, C., & Tellez Tinjca, L. A. (2022). Effects of the Intrasession Exercise Sequence of Concurrent Training on Older Women's Body Composition and Physical Fitness (Efectos de la secuencia de ejercicios intrasesión del entrenamiento concurrente sobre la composición corporal y la aptitud física. *Retos digital*, 45, 760–766. doi:10.47197/retos.v45i0.92613
- Prieto González, P., Sánchez-Infante, J., & Fernández-Galván, L. M. (2022). Do young adult males aiming to improve strength or develop muscle hypertrophy train according to the current strength and conditioning recommendations? *Retos digital*, 46, 714–724. doi:10.47197/retos.v46.93785
- Pfeiffer, K. A., Pivarnik, J. M., Womack, C. J., Reeves, M. J., & Malina, R. M. (2002). Reliability and validity of the Borg and OMNI rating of perceived exertion scales in adolescent girls. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(12), 2057–2061. <https://doi.org/10.1097/00005768-200212000-00029>
- Piepoli, M. F., Conraads, V., Corrà, U., Dickstein, K., Francis, D. P., Jaarsma, T., McMurray, J., Pieske, B., Piotrowicz, E., Schmid, J.-P., Anker, S. D., Solal, A. C., Filippatos, G. S., Hoes, A. W., Gielen, S., Giannuzzi, P., & Ponikowski, P. P. (2011). Exercise training in heart failure: from theory to practice. A consensus document of the Heart Failure Association and the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *European Journal of Heart Failure*, 13(4), 347–357. <https://doi.org/10.1093/eur-jhf/hfr017>
- Rajkumar, R., & Divya, K. (2018). Impact of specific training on selected speed, explosive power and muscular strength parameters among school men handball players. *Indian Journal of Applied Research*, 7(9), 587–588.
- Ramsey, K. A., Rojer, A. G. M., D'Andrea, L., Otten, R. H. J., Heymans, M. W., Trappenburg, M. C., Verlaan, S., Whittaker, A. C., Meskers, C. G. M., & Maier, A. B. (2021). The association of objectively measured physical activity and sedentary behavior with skeletal muscle strength and muscle power in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Ageing Research Reviews*, 67(101266), 101266. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2021.101266>
- Resende, R. A., Jardim, S. H. O., Filho, R. G. T., Mascarenhas, R. O., Ocarino, J. M., & Mendonça, L. D. M. (2020). Does trunk and hip muscles strength predict performance during a core stability test? *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 24(4), 318–324. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2019.03.001>
- Sadjapong, U., Yodkeeree, S., Sungkarat, S., & Siviroy, P. (2020). Multicomponent exercise program reduces frailty and inflammatory biomarkers and improves physical performance in community-dwelling older adults: A randomized controlled trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11), 3760. <https://doi.org/10.3390/ijerph17113760>
- Saeidifard, F., Medina-Inojosa, J. R., West, C. P., Olson, T. P., Somers, V. K., Bonikowske, A. R., Prokop, L. J., Vinciguerra, M., & Lopez-Jimenez, F. (2019). The association of resistance training with mortality: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Preventive Cardiology*, 26(15), 1647–1665. <https://doi.org/10.1177/2047487319850718>
- Schoenfeld, B. J., Grgic, J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2017). Strength and hypertrophy adaptations between low- vs. High-load resistance training: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(12), 3508–3523. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002200>
- Schoenfeld, B. J., Peterson, M. D., Ogborn, D., Contreras, B., & Sonmez, G. T. (2015). Effects of low- vs. High-load resistance training on muscle strength and hypertrophy in well-trained men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(10), 2954–2963. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000958>
- Schoenfeld, B. J., Wilson, J. M., Lowery, R. P., & Krieger, J. W. (2016). Muscular adaptations in low- versus high-load resistance training: A meta-analysis. *European Journal of Sport Science: EJSS: Official Journal of the European College of Sport Science*, 16(1), 1–10. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.989922>
- Shaw, B. S., Lloyd, R., Da Silva, M., Coetzee, D., Moran, J., Waterworth, S. P. W., Mathunjwa, M. L., & Shaw, I. (2022). German volume training for health promotion: Acute vasopressor, pulmonary and metabolic responses. *Frontiers in Physiology*, 13, 1025017. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.1025017>
- Simões, R. P., Castello-Simões, V., Mendes, R. G., Archiza, B., dos Santos, D. A., Bonjorno, J. C., Jr, de Oliveira, C. R., Catai, A. M., Arena, R., & Borghi-Silva, A. (2014). Identification of anaerobic threshold by analysis of heart rate variability during discontinuous dynamic and resistance exercise protocols in healthy older men. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 34(2), 98–108. <https://doi.org/10.1111/cpf.12070>
- Skinner, J. S., & McLellan, T. M. (2013). Correction to: The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 84(2), 273–273. <https://doi.org/10.1080/02701367.2013.802495>
- Spendier, F., Müller, A., Korinek, M., & Hofmann, P. (2020). Intensity thresholds and maximal lactate steady state in small muscle group exercise. *Sports*, 8(6), 77. <https://doi.org/10.3390/sports8060077>
- Stone, M. H., Hornsby, W. G., Suarez, D. G., Duca, M., & Pierce, K. C. (2022). Training specificity for athletes: Emphasis on strength-power training: A narrative review. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 7(4), 102. <https://doi.org/10.3390/jfmk7040102>
- Tagashira, S., Kurose, S., & Kimura, Y. (2021). Improvements in exercise tolerance with an exercise intensity above the anaerobic threshold in patients with acute myocardial infarction. *Heart and Vessels*, 36(6), 766–774. <https://doi.org/10.1007/s00380-020-01757-z>
- Tøien, T., Malmø, T., Espedal, L., & Wang, E. (2022). Maximal intended velocity enhances strength training-induced neuromuscular stimulation in older adults. *European Journal of Applied Physiology*, 122(12), 2627–2636. <https://doi.org/10.1007/s00421-022-05045-8>
- Tøien, T., Pedersen Haglo, H., Unhjem, R., Hoff, J., & Wang, E. (2018). Maximal strength training: the impact of eccentric overload. *Journal of Neurophysiology*, 120(6), 2868–2876. <https://doi.org/10.1152/jn.00609.2018>
- Torres, A., Tennant, B., Ribeiro-Lucas, I., Vaux-Bjerke, A.,

- Piercy, K., & Bloodgood, B. (2018). Umbrella and systematic review methodology to support the 2018 Physical Activity Guidelines Advisory Committee. *Journal of Physical Activity & Health, 15*(11), 805–810. <https://doi.org/10.1123/jpah.2018-0372>
- Villarreal-Angeles, M. A., Moncada-Jimenez, J., & Ruiz-Juan, F. (2020). Mejora de variables psicológicas en Adultos Mayores mediante Pilates (Improvement of psychological variables in Older Adults through Pilates). *Retos digital, (40)*, 47–52. doi:10.47197/retos.v1i40.74307
- Vargas-Molina, S., García Sillero, M., Salgado, U., Carbone, L., & Martín-Rivera, F. (2022b). Efecto del enfoque atencional en sentadillas sobre la producción de lactato y la calificación del esfuerzo percibido en hombres entrenados. *Retos digitales, 47*, 452–457. doi:10.47197/retos.v47.94631
- Warneke, K., Lohmann, L. H., Lima, C. D., Hollander, K., Konrad, A., Zech, A., Nakamura, M., Wirth, K., Keiner, M., & Behm, D. G. (2023). Physiology of stretch-mediated hypertrophy and strength increases: A narrative review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01898-x>
- Woodruffe, S., Neubeck, L., Clark, R. A., Gray, K., Ferry, C., Finan, J., Sanderson, S., & Briffa, T. G. (2015). Australian cardiovascular health and rehabilitation association (ACRA) core components of cardiovascular disease secondary prevention and cardiac rehabilitation 2014. *Heart, Lung & Circulation, 24*(5), 430–441. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2014.12.008>
- Zores, F., Iliou, M.-C., Gellen, B., Kubas, S., Berthelot, E., Guillo, P., Bauer, F., Lamblin, N., Bosser, G., Damy, T., Cohen-Solal, A., & Beauvais, F. (2019). Physical activity for patients with heart failure: Position paper from the heart failure (GICC) and cardiac rehabilitation (GERS-P) Working Groups of the French Society of Cardiology. *Archives of Cardiovascular Diseases, 112*(11), 723–731. <https://doi.org/10.1016/j.acvd.2019.07.003>

Datos de los autores:

Mauro Ernesto Tauda Tauda
Eduardo Joel Cruzat Bravo
Felipe Ignacio Suárez Rojas

mauro.tauda@gmail.com
ecruzat@santotomas.cl
felipeignaciosz15@gmail.com

Autor/a
Autor/a
Autor/a