

Cinética del lactato como método de entrenamiento de la fuerza en población con factores de riesgo Lactate kinetics as a strength training method in a population with risk factors

Eduardo Cruzat Bravo, Mauricio Tauda Tauda
Universidad Santo Tomas (Chile)

Resumen. Objetivos: Desarrollar un protocolo de entrenamiento de la fuerza basado en la cinética del lactato en poblaciones con factores de riesgo. Materiales y Métodos: A través de muestreo probabilístico, 15 participantes, edad 35 ± 53 años, estatura 1.78 ± 0.09 m, peso 72 ± 15 kg, grasa $23 \pm 19\%$, masa muscular $41 \pm 47\%$ y consumo de oxígeno máximo $Vo_{2max} 50 \pm 80$ ml/kg/min. Realizaron dos pruebas de fuerza en sentadilla media, la primera progresiva hasta el umbral anaeróbico, de la cual se obtuvo la carga media de los resultados que se utilizó en la segunda prueba, donde se realizaron 15 series de 15 repeticiones con descansos de 1 minutos entre cada serie. La toma de la muestra de lactato fue en la serie 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15. Resultados; Los resultados de la prueba de carga constante describen un comportamiento con poca variabilidad entre las variables frecuencia cardíaca y lactato. media Fc; $133.27/2.36$, lactato $3.01/0.19$. Pearson (R) de 0.719. $p < 0.001$. El análisis de varianza (ANOVA) no reveló diferencias estadísticamente significativas en las medias de los grupos en relación con las variables de lactato $p < 0.358$ F1.110. y Frecuencia cardíaca. $p < 0.221$ F 1.299. Conclusiones: Estos hallazgos subrayan la relación significativa entre lactato y frecuencia cardíaca durante el ejercicio. Los tamaños de efecto estimados indican que estas variables tienen un impacto moderado en las diferencias observadas entre los grupos. y respaldan la utilidad de estas variables, principalmente el lactato como método de entrenamiento.

Palabras claves: Salud, condición física, fuerza muscular, adulto.

Abstract. Objectives: To develop a strength training protocol based on lactate kinetics in populations with risk factors. Materials and Methods: Through probabilistic sampling, 15 participants (age 35 ± 53 years, height 1.78 ± 0.09 m, weight 72 ± 15 kg, body fat $23 \pm 19\%$, muscle mass $41 \pm 47\%$, and maximum oxygen consumption $Vo_{2max} 50 \pm 80$ ml/kg/min) performed two strength tests in the half squat. The first test was progressive until the anaerobic threshold, from which the average load was obtained and used in the second test, where 15 sets of 15 repetitions were performed with 1-minute rests between each set. Lactate samples were taken during sets 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, and 15. Results: The results of the constant load test describe behavior with little variability between the variables heart rate and lactate. Mean HR: 133.27 ± 2.36 , lactate: 3.01 ± 0.19 . Pearson (R) of 0.719, $p < 0.001$. The analysis of variance (ANOVA) did not reveal statistically significant differences in group means concerning lactate variables ($p < 0.358$, $F = 1.110$) and heart rate ($p < 0.221$, $F = 1.299$). Conclusions: These findings highlight the significant relationship between lactate and heart rate during exercise. The estimated effect sizes indicate that these variables have a moderate impact on the observed differences between groups and support the utility of these variables, primarily lactate, as a training method.

Keywords: Health, physical condition, muscle strength, adult.

Fecha recepción: 16-03-24. Fecha de aceptación: 18-07-24

Mauro Tauda

mauro.tauda@gmail.com

Introducción

La evidencia científica respalda ampliamente los beneficios para la salud y el estado físico derivados de la participación en actividad física y ejercicio regular, incluyendo ejercicios cardiorrespiratorios, de resistencia, de flexibilidad y neuromotores (López et al., 2022; King et al., 2019). Este respaldo se refleja en el nivel de evidencia A y la recomendación de clase 1. Asimismo, se ha observado una asociación inversa entre la cantidad de actividad física de moderada a vigorosa por semana y la mortalidad por todas las causas (Torres et al., 2018). Es crucial evitar el comportamiento sedentario para un envejecimiento saludable, lo cual incluye la mitigación de factores de riesgo y enfermedades crónicas (Ramsey et al., 2021). La actividad física regular es un factor determinante para mantener la salud y el funcionamiento fisiológico normal a lo largo de la vida (Muñoz et al., 2017). Para lograrlo, el desarrollo del fitness respiratorio y la fuerza muscular son elementos clave y predictores importantes de la función, la movilidad, la independencia y las actividades de la vida diaria

(Bangsbo et al., 2019). En este contexto, es fundamental identificar los niveles de fuerza muscular para implementar la intensidad adecuada de las intervenciones, principalmente a través de los ejercicios de resistencia, que satisfagan las necesidades individuales y específicas de cada población (Geidl et al., 2020). Desde la década de 1980, diversos estudios se han llevado a cabo con el propósito de establecer valores de referencia de fuerza muscular utilizando diferentes métodos y dispositivos de medición (Bäckman et al., 1989; Bäckman et al., 1995; Decostre et al., 2015; McKay et al., 2017; Benfica et al., 2018; Resende et al., 2020; Dornas et al., 2023; Mazuera et al., 2022). Incluso, se ha explorado la cuantificación de la carga de entrenamiento de la fuerza mediante la medición de la velocidad (Luis et al., 2017). Actualmente, la evidencia sugiere la evaluación a través de una repetición máxima (1RM) y/o mediante ecuaciones que establecen un valor submáximo (Lesnak et al., 2020). Además, se utilizan escalas de percepción subjetiva de esfuerzo y escalas OMNI-RES (Borg y Kaiser, 2006; Pfeiffer et al., 2002) con diversos objetivos de aplicación, ya sean diagnósticos, pronósticos o terapéuticos,

especialmente en lo que respecta a la prescripción del ejercicio (Pescatello et al., 2022). Esta variedad de enfoques ha dado lugar al desarrollo de diferentes formas o métodos para definir los criterios de entrenamiento de manera individualizada, lo que garantiza la seguridad del paciente frente a la carga del ejercicio (OMS, 2020; Carvalho et al., 2020). La metodología aplicada en un programa integral de acondicionamiento físico puede inducir una amplia gama de cambios sistémicos, que incluyen la reducción de los factores de riesgo asociados con enfermedades coronarias, diabetes insulino-dependiente, inflamación sistémica, prevención de la osteoporosis, promoción de la pérdida y mantenimiento del peso, mejora de la estabilidad dinámica, preservación de la capacidad funcional y fomento del bienestar psicológico (Gan et al., 2018; Anderson et al., 2016). Dada esta diversidad de beneficios, la intensidad programada resulta crítica en los diferentes métodos de entrenamiento de la fuerza (Caruso et al., 2016). Es fundamental tener en cuenta que existe un alto grado de especificidad de tarea en el movimiento y la adaptación humana, que abarca tanto los patrones de movimiento como las características de las acciones musculares involucradas. Esto incluye la velocidad de movimiento, el rango de movimiento, los grupos musculares entrenados, los sistemas energéticos involucrados, la frecuencia, el descanso, el orden de los ejercicios, la intensidad, el volumen y los métodos de entrenamiento. Lum et al. (2023) y el Colegio Americano de Medicina Deportiva (2021), señalan que la especificidad y organización de los criterios de entrenamiento determinarán en gran medida los efectos específicos en diferentes poblaciones, ya sea con o sin experiencia en el entrenamiento y con o sin patologías. Además, destacan las características óptimas de los programas específicos de fuerza, considerando la intensidad, volumen, frecuencia y tipo de ejercicios como criterios principales (ACSM, 2021). Estas variables, respaldadas por la evidencia, establecen las bases de los diferentes métodos de entrenamiento y las respuestas agudas y crónicas asociadas a largo plazo. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los efectos y beneficios de la metodología aplicada son multifactoriales, y que los protocolos son guías que orientan la programación del entrenamiento de la fuerza (Maté et al., 2017). Además, su aplicación varía en diferentes contextos o campos clínicos (Li Z, et al., 2023; Hanssen et al., 2022; Lopez et al., 2021; Lacio et al., 2021; Campos et al., 2020; Lum D et al., 2019; Toien et al., 2018; Noorkõiv et al., 2014). Es relevante mencionar 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 se relaciona más con 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 proporciona un valor específico de fuerza vinculado a un porcentaje del umbral anaeróbico, lo

que puede utilizarse como un índice del trabajo muscular interno guiado por la cinética del lactato, permitiendo así controlar la intensidad absoluta del entrenamiento (Casado et al., 2022; Impellizzeri et al., 2019). Esto se traduce en una dinámica de trabajo de baja a moderada intensidad. 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, tanto en deportistas (Masuda et al., 2022; Spindier et al., 2020; Garnacho et al., 2015) como en poblaciones con patologías crónicas. Por ejemplo, en individuos con hipertensión, se ha sugerido que entrenar a intensidades moderadas puede ser una estrategia adecuada para reducir la carga cardiovascular y controlar la presión arterial (Hansen et al., 2022), mientras que en personas con enfermedades pulmonares puede disminuir la posibilidad de presentar cuadros de disnea (Garber et al., 2020). En poblaciones de tercera edad, esta estrategia mejora la fuerza y calidad de la masa muscular, aumenta la masa ósea, mejora el equilibrio y la coordinación muscular, y reduce la fragilidad y la sarcopenia (Saeidifard et al., 2019). Además, puede ser una estrategia efectiva para disminuir los factores de riesgo en poblaciones sedentarias y facilitar el reintegro deportivo después de una lesión (Mann et al., 2014; Quemba, 2023). Es fundamental destacar que, en estos casos, es esencial contar con una medida directa de objetivación de la intensidad de la fuerza y utilizar métodos de entrenamiento que se adapten a las necesidades y capacidades individuales, minimizando así el riesgo de lesiones y promoviendo una progresión segura en el rendimiento físico (Stone et al., 2022). En definitiva, los objetivos de este estudio serán desarrollar un protocolo de entrenamiento de la fuerza basado en la cinética del lactato en poblaciones con factores de riesgo.

Materiales y métodos

El estudio adoptó un enfoque cuantitativo y transversal, con un diseño cuasi experimental de alcance descriptivo y correlacional. La muestra consistió en 15 participantes hombres de un Gimnasio de Valdivia, seleccionados mediante un muestreo probabilístico aleatorio simple. Los participantes tenían una edad 35 ± 5.3 años, estatura 1.78 ± 0.09 m, peso 72 ± 15 kg, grasa $23 \pm 19\%$, masa muscular $41 \pm 47\%$ y consumo de oxígeno máximo $Vo_{2max} 50 \pm 80$ ml/kg/min. Todos los participantes dieron su consentimiento informado por escrito y fueron informados sobre los riesgos y beneficios de participar en el estudio. Se siguieron los principios éticos de la Declaración de Helsinki y se cumplieron las regulaciones chilenas pertinentes. Los criterios de inclusión para los participantes fueron: hombres o mujeres en un rango de edad 18 a 40 años, con o sin enfermedades crónicas, con un nivel de actividad física bajo a moderado, y con o sin experiencia en el entrenamiento de fuerza. Los criterios de exclusión fueron no tener

contraindicaciones médicas, lesiones musculoesqueléticas recientes o cirugías, trastornos cardiovasculares graves, hipertensión no controlada, y glicemia baja o no controlada. El reclutamiento de los participantes se realizó mediante muestreo probabilístico aleatorio simple a partir de una lista completa de todos los miembros del gimnasio, asignando a cada individuo una probabilidad igual de ser seleccionado para participar en el estudio. Todas las acciones relacionadas con la protección de los datos y la participación de los sujetos en el estudio fueron previamente revisadas y aprobadas por el Comité de Ética de la Institución Universitaria Universidad Santo Tomás, según Resolución No 231366443/2024.

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 y se clasifican como activos. 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

El equipo utilizado para la medición de variables fisiológicas durante el estudio parece ser de alta calidad y precisión. El analizador de gases ergo espirómetro Metalyzer Cortex 3B-R3 es un instrumento ampliamente utilizado en investigaciones de fisiología del ejercicio y permite medir de manera precisa y confiable las variables de intercambio gaseoso durante el ejercicio. Además, la cinta rodante motorizada con capacidad máxima de 200 kg, modelo H/P/cosmos Mercury® es una excelente opción para la realización de pruebas de esfuerzo en deportistas. La calibración previa del equipo con gases de concentraciones conocidas y la jeringa de 3L para la calibración del flujo y el volumen son procedimientos estándar en la medición de variables fisiológicas y garantizan la precisión de los resultados obtenidos. Los datos se analizaron a través del programa estadístico Jamoví, Versión 1.6. (2007).

Protocolo Vo2 Max

El protocolo de medición directa sigue los lineamientos expuestos por Kokkinos et al., (2018). inicio con un calentamiento de 10 minutos en la trotadora a 5 kph. con una inclinación de 0°. Al finalizar esta actividad, la evaluación comenzó a 6 kph, con una duración de 1 min, inclinación

constante de 1° y con aumentos progresivos de velocidad de 0.7 kph. hasta el agotamiento y con una fase de recuperación de 5 min a 4 kph. con inclinación 0.

Protocolo de fuerza incremental

El procedimiento de 1RM seguirá las recomendaciones propuestas por la National Strength and Conditioning Association (2016). 5 minutos de carrera en tapiz rodante a una velocidad de 6 kph. 5 minutos de ejercicios de movilidad articular y estiramientos dinámicos previos, se efectuó un calentamiento específico de 3 serie de 10 repeticiones del miembro inferior y superior con una carga de 5 kilos. El ejercicio seleccionado fue sentadilla media. Que inicio con 10 kg. Repeticiones 15. Descanso 2 minutos entre series. Los aumentos de carga fueron de 5 kilos. Se recolectaron muestras de sangre (5 µl). 30 s. después del final de cada paso de la prueba de carga incremental del lóbulo de la oreja. Este procedimiento se adoptó hasta que se alcanzaron los 4 Mol/litros. Dando fin a la prueba incremental. Posterior se realizó un trabajo regenerativo de 5 minutos en bicicleta.

Prueba de carga constante

Se ejecutó una prueba de carga constante con el valor de carga correspondiente a la media de los resultados generales. (Protocolo de fuerza incremental). Con el fin de determinar el comportamiento y estabilidad de las variables metabólicas y cardiorrespiratorias, los participantes realizaron 15 series de 15 repeticiones, con un tiempo de 2 minuto de recuperación entre cada serie. La toma de la muestra de lactato se tomó en la serie 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15. Al finalizar el procedimiento se realizaron 5 minutos de trabajo regenerativo y trabajos de flexibilidad 3 minutos.

Tabla 1.
Análisis descriptivo de la muestra

Variables	N 15					Shapiro-Wilk	
	Media	Mediana	Moda	DE	Varianza	w	p
Edad	30.3	36	38	4.103	16.83	0.953	0.576
Estatura	1.78	1.78	1.70	0.093	0.008	0.924	0.218
Peso	72.1	71.0	57	12.97	168.4	0.933	0.302
% Grasa	23.1	22.8	21.1	2.596	6.739	0.856	0.021
% Masa	41.4	41	39.0	2.695	7.266	0.963	0.742
IMC	22.4	23.10	21.5	2.086	4.354	0.946	0.465
Vo2 ml/kg	50.8	52.0	39.0	7.242	52.457	0.929	0.264
Glicemia	86.8	86	85	7.754	60.12	0.945	0.450
Colesterol	123.7	128	135	20.30	412.3	0.915	0.160
Triglicéridos	111.5	115	115	30.71	943.6	0.941	0.399
Actividad física	289	300	300	79.5	6320	0.883	0.052

Nota; Vo2 l/min. =Consumo máximo de oxígeno en litros por minuto, C/C= cociente cintura cadera, C/AL= Cociente cintura altura.

Plan de análisis estadístico de los resultados

El plan de análisis estadístico de los resultados incluyó las siguientes etapas: Estadística descriptiva: Se realizaron cálculos de medidas de tendencia central y dispersión para describir los datos generales. Prueba de normalidad: Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para verificar si los datos seguían una distribución normal. Coeficiente de determinación R²: Se evaluó la

bondad de ajuste de las variables mediante este coeficiente. Prueba de correlación de Pearson: Se utilizó esta prueba para analizar la relación entre las variables utilizadas y determinar si existe una asociación lineal entre ellas. Análisis de varianza ANOVA: Se utilizó el ANOVA de un factor para detectar diferencias significativas en las variables cardíacas y metabólicas durante el ejercicio de carga constante. La prueba F se utilizó para evaluar estadísticamente la igualdad de las medias entre los grupos. Prueba Post Hoc de Tukey: Se utilizó para comparar la variabilidad de los resultados entre grupos. Cálculo del tamaño del efecto (ES) y el poder estadístico (1-β): Se determinó 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. 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.

Resultados

Tabla 2.

Factores de riesgo de la muestra

Factores riesgo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
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. sedentario	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	0	1	0	1	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 muestra la presencia o ausencia de diferentes factores de riesgo en una muestra de individuos, lo que proporciona información sobre la distribución de estos factores en el grupo y puede ser relevante para analizar la relación entre los factores de riesgo y posibles afecciones de salud en la muestra.

Tabla 3.

Media individual grupal por carga. Test sentadilla.

Carga	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	85	90
Lactato	1,41	1,41	1,46	1,70	2,10	2,30	2,62	2,92	3,36	3,71	3,86	3,90	3,98	4,10
Fc	106,5	118,9	124,5	130,8	137,7	144,5	150,7	155,9	162,7	165,6	169,4	172,2	175,3	181,3
Borg	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	7	8	8

En la tabla 3, se describe la media individual por carga de trabajo en la prueba incremental, que describe el comportamiento del efecto de las variables de lactato, frecuencia cardíaca y percepción subjetiva del esfuerzo.

Tabla 4.

Descriptivos de la muestra. Test incremental sentadilla media

	Intervalo de Confianza al 95%					Shapiro-Wilk	
	Media	Inferior	Superior	DE	Varianza	W	p
Carga	47.18	44.497	49.87	17.95	322.3	0.962	< .001
Lactato	2.73	2.596	2.86	0.900	0.810	0.964	< .001
Fc	144.4	141.141	147.8	22.25	495.2	0.968	< .001
Borg	4.50	4.186	4.81	2.101	4.413	0.886	< .001

Nota: La tabla proporciona información sobre la estadística descriptiva, el intervalo de confianza al 95%, y los resultados del test de normalidad (Shapiro-Wilk) para las variables "CARGA", "LACTATO", "FC" (Frecuencia Cardíaca) y "BORG".

Los resultados presentados en la Tabla 5, ofrecen una comprensión detallada de las propiedades de las variables "CARGA", "LACTATO", "FC" y "BORD". Además, los resultados también permiten evaluar la confiabilidad de las mediciones realizadas y analizar la distribución de los datos en relación con la normalidad.

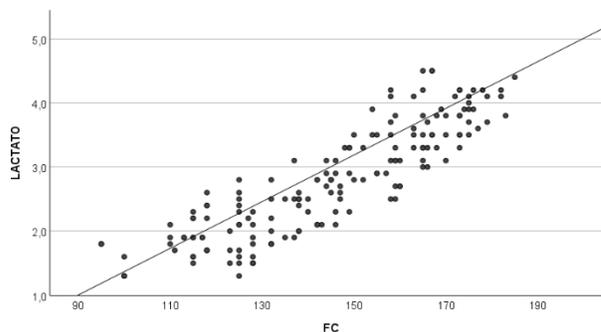


Figura 1. Diagrama de dispersión de lactato por frecuencia cardíaca.

La Figura 1, muestra un patrón claro en la relación entre lactato y frecuencia cardíaca. R de Pearson 0.875, indica una conexión positiva fuerte. Valor $p < 0.001$. significa que la probabilidad de observar esta relación debido al azar es extremadamente baja. podemos concluir que la relación entre estas dos variables es estadísticamente significativa.

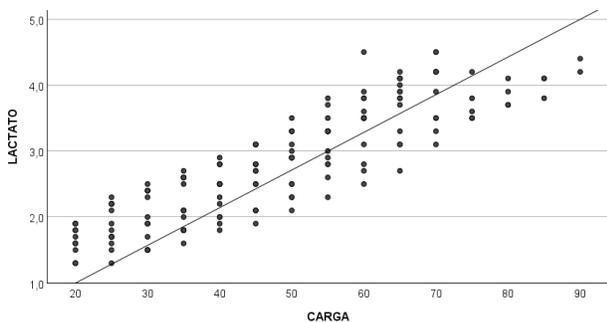


Figura 2. Diagrama de dispersión de lactato por carga.

La Figura 2, muestra un patrón claro en la relación entre lactato y carga. R de Pearson 0.8770, indica una conexión positiva fuerte. Valor $p < 0.001$. significa que la probabilidad de observar esta relación debido al azar es extremadamente baja. podemos concluir que la relación entre estas dos variables es estadísticamente significativa.

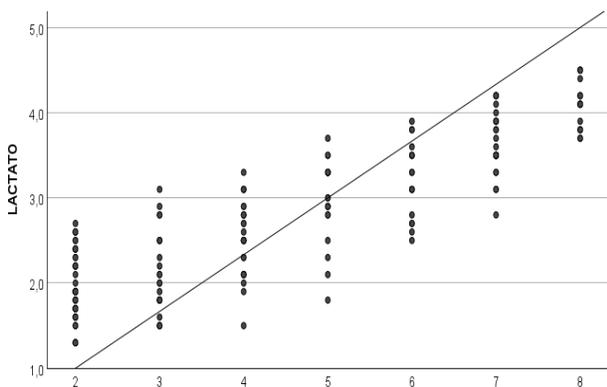


Figura 3. Diagrama de dispersión de lactato por Borg.

La Figura 3, muestra un patrón claro en la relación entre los niveles de lactato y la percepción subjetiva del esfuerzo. R de Pearson 0.869, indica una conexión positiva fuerte. Valor $p < 0.001$. significa que la probabilidad de observar esta relación debido al azar es extremadamente baja. podemos concluir que la relación entre estas dos variables es estadísticamente significativa.

Tabla 5.

Resultados test continuo en sentadilla media.

Serie	Carga	Lactato	FC	Borg
1	45	2.81	129.43	4
3	45	2.86	131.00	4
5	45	2.92	132.00	4
7	45	2.77	131.43	4
9	45	3.02	134.43	4
11	45	3.20	136.14	4
13	45	3.24	135.29	4
15	45	3.24	136.43	4

Nota: Los resultados presentados en la Tabla 5, representan la media individual por serie de ejercicio, con un valor de carga fija de 45 kg. Con un promedio de la percepción subjetiva del esfuerzo de 4.

Los resultados de la Tabla 5, describen la respuesta de las variables lactato y Fc, durante la ejecución de la prueba con carga constante, es interesante que la duración de la prueba se acercó a los 30 min de duración por lo tanto la variabilidad de las respuestas metabólicas fue parcialmente constante en el tiempo.

Tabla 6.

Análisis descriptivo test continuo en sentadilla media.

	IC 95%					Shapiro-Wilk		
	Media	Inferior	Superior	Mediana	DE	Varianza	W	P
Lactato	3.01	2.84	3.17	2.97	0.196	0.0386	0.873	0.160
Fc	133.27	131.07	135.47	133.22	2.633	6.9351	0.918	0.411

Nota: Análisis descriptivo de la muestra, con la media de los resultados.

Los resultados presentados en la Tabla 6, ofrecen una visión detallada de las propiedades de las variables "FC" (Frecuencia Cardíaca) y "Lactato" estos resultados proporcionaron información detallada sobre las características descriptivas de las variables "FC" y "Lactato", descritos en la Tabla 5, así como la confiabilidad de las medidas y la normalidad de los datos. Pearson (R) de 0.719 y el valor $p < 0.001$

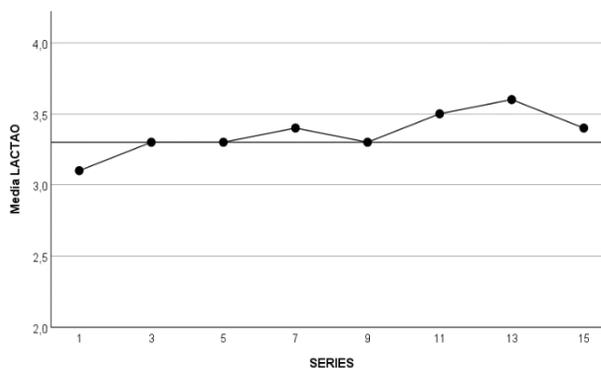


Figura 4. Diagrama de dispersión de lactato por frecuencia cardiaca.

Los resultados, como se muestra en la Figura 4, ofrecen una visión clara de cómo las variables "lactato" y "Frecuencia Cardíaca" se comportaron durante la prueba de carga constante (45 kg), compuesta por 15 series de 15 repeticiones. La percepción promedio del esfuerzo se situó en 4. Estos datos revelan una relación notable y significativa entre los niveles de lactato y la frecuencia cardíaca durante la ejecución de la prueba, respaldada por un coeficiente de correlación de Pearson (R) de 0.891 y un valor $p < 0.003$. Esta conexión sugiere un control preciso de la intensidad del trabajo y las respuestas fisiológicas durante el ejercicio, relacionado con un metabolismo aeróbico predominante. Este enfoque, guiado por la cinética del lactato, facilita un control preciso de la intensidad absoluta del entrenamiento, ajustándose a una intensidad que abarca desde niveles bajos a moderados.

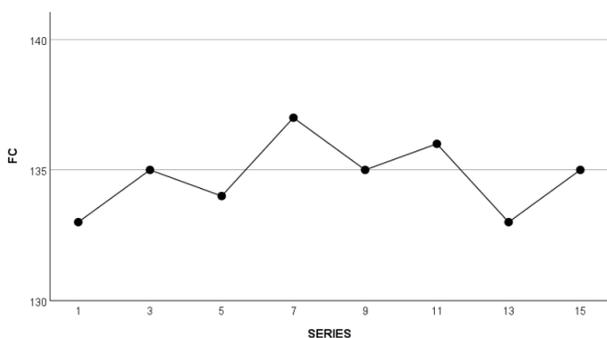


Figura 5. Diagrama de dispersión de lactato por series.

Los resultados representados en la Figura 5, brindan una perspectiva clara del comportamiento de las variables "Frecuencia Cardíaca" durante la prueba de carga constante en relación a las 15 series de 15 repeticiones, carga promedio (45 kg). Además, la percepción promedio del esfuerzo se estableció en 4. La relación observada entre los niveles de lactato y la frecuencia cardíaca ofrece una interpretación clave en términos del control de la intensidad del trabajo y las respuestas fisiológicas durante el ejercicio. El coeficiente de correlación de Pearson (R) de 0.951 y el valor $p < 0.001$ respaldan esta relación, indicando que es altamente improbable que esta conexión sea el resultado del azar. La carga utilizada en la prueba parece ser capaz de mantener un nivel específico de trabajo que está vinculado a un porcentaje del umbral anaeróbico. Esto puede considerarse como un indicador del esfuerzo muscular interno, mayormente relacionado con un metabolismo aeróbico predominante. Este enfoque, guiado por la cinética del lactato, facilita un control preciso de la intensidad absoluta del entrenamiento. Además, se puede observar que la dinámica de trabajo se ajusta a una intensidad que abarca desde niveles bajos a moderados. Estos hallazgos respaldan la noción de que el lactato se convierte en una herramienta efectiva para objetivar regular y monitorizar la intensidad de trabajo de fuerza, lo que puede contribuir a una planificación más precisa y eficiente de los programas de entrenamiento en poblaciones especiales y con factores de riesgo.

Tabla 7. ANOVA unidireccional

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Lactato	Entre grupos	101,246	14	7,232	1,110	,358
	Dentro de grupos	683,893	105	6,513		
	Total	785,139	119			
Fc	Entre grupos	4461,512	14	318,679	1,299	,221
	Dentro de grupos	25761,268	105	245,345		
	Total	30222,780	119			

Nota: Resultados test ANOVA, comparación de las variables entre grupos para las variables lactato y frecuencia cardíaca.

Los resultados derivados del análisis de varianza (ANOVA) presentados en la Tabla 6, indican que, de acuerdo con el estadístico F calculado y los valores p asociados, no se

observan diferencias estadísticamente significativas en las medias de los grupos en relación a las variables "LACTATO" y "FC". Este hallazgo sugiere que, dentro del contexto de las condiciones examinadas, los grupos exhiben respuestas equiparables en términos de estas dos variables. Este hallazgo cobra relevancia en el ámbito del entrenamiento, ya que implica que la implementación de distintos enfoques o cargas de entrenamiento no provocaría cambios notables en los niveles de lactato y frecuencia cardíaca entre los grupos, al menos en las condiciones específicas contempladas en este estudio. Esta información respalda la noción de que las variables evaluadas, especialmente el lactato, actúan como indicadores confiables para cuantificar la carga de entrenamiento de manera objetiva.

Tabla 8. ANOVA tamaños de efecto

Variables	(η^2)	Estimación de puntos	Intervalo de confianza al 95%	
			Inferior	Superior
Lactato	Eta cuadrada	,129	,000	,140
Fc		,148	,000	,166

Nota: observada en la variable dependiente. Un valor de Eta cuadrado cercano a 0 indica que el factor no explica mucha sobrecarga, mientras que un valor cercano a 1 indica que el factor explica una gran parte de la sobrecarga en la variable dependiente.

Los resultados del ANOVA, presentados en la Tabla 7, revelan que las variables "Lactato" y "FC" (Frecuencia Cardíaca) tienen un impacto significativo en las diferencias observadas entre los grupos estudiados. Se calculó un tamaño de efecto (η^2) de aproximadamente 0.129 para "Lactato" y 0.148 para "FC", lo que indica que alrededor del 12.9% y 14.8% de la variación en las respuestas de lactato y frecuencia cardíaca, respectivamente, se atribuyen a las diferencias entre los grupos. Estos hallazgos resaltan la importancia de "Lactato" y "FC" como indicadores clave de las respuestas fisiológicas y su relación con la carga de trabajo en el entrenamiento, sugiriendo que el lactato puede ser un indicador efectivo para controlar la carga de entrenamiento.

Discusión

Test incremental

Objetivar la carga de entrenamiento es uno de los factores primarios ante la prescripción del ejercicio de fuerza (Lloyd et al., 2014). El objetivo del estudio fue evaluar la fuerza muscular utilizando el lactato como indicador y desarrollar un protocolo de entrenamiento de la fuerza basado en la cinética del lactato. Para alcanzar este objetivo, se realizaron dos pruebas en sentadilla media, en una muestra de 15 participantes con una distribución normal. La primera se ejecutó de manera progresiva, la toma de muestra de lactato se realizó inmediatamente después de cada intento hasta alcanzar los 4 mmol. Los resultados derivados de esta prueba brindan una comprensión detallada de las propiedades de las variables

"CARGA", "LACTATO", "FC" y "BORG". Además, permiten evaluar la confiabilidad de las mediciones realizadas y analizar la distribución de los datos en relación con la normalidad. La Figura 1, muestra un patrón claro en la relación entre lactato y frecuencia cardíaca. R de Pearson 0.875. Valor $p < 0.001$. La Figura 2, muestra un patrón claro en la relación entre lactato y carga. R de Pearson 0.8770. Valor $p < 0.001$. La Figura 3, muestra un patrón claro en la relación entre los niveles de lactato y la percepción subjetiva del esfuerzo. R de Pearson 0.869, Valor $p < 0.001$. Estos resultados indican una conexión positiva fuerte entre las variables, además significa que la probabilidad de observar esta relación debido al azar es extremadamente baja. podemos concluir que la relación entre estas dos variables es estadísticamente significativa. Carga media 47.18 kg. IC 44,49-49,87. Lactato promedio 2.73. IC 2.59–2.86. Frecuencia cardíaca media 144.4 IC 141.1–147.8. Percepción subjetiva del esfuerzo media 4.5. IC 4.1–4.8.

Test de carga constante

Durante el ejercicio de fuerza con carga constante, se observaron valores promedio de frecuencia cardíaca de 133,1. IC 132-133.8. Para el lactato una media 3.04 IC 2.99-3.09. Y una relación notable y significativa entre los niveles de lactato y la frecuencia cardíaca durante la ejecución de la prueba. El coeficiente de correlación de Pearson (R) de 0.719 y el valor $p < 0.001$, resultados descritos en la Figura 4, respaldan esta relación, indicando que es altamente improbable que esta conexión sea el resultado del azar. junto con una percepción promedio del esfuerzo de 4. Esta relación sugiere que la carga empleada mantiene un nivel específico de trabajo vinculado al umbral anaeróbico, indicando un esfuerzo muscular interno relacionado con un metabolismo aeróbico predominante. La dinámica de trabajo refleja una intensidad que abarca desde niveles bajos hasta moderados, (Abderrahman et al., 2018). Demostrando la eficacia de la cinética del lactato para controlar la intensidad del entrenamiento. Los resultados obtenidos del análisis de varianza (ANOVA) presentados en la Tabla 6, revelan que, de acuerdo con los estadísticos F calculados y los valores p asociados, no se detectan diferencias estadísticamente significativas en las medias de los grupos en relación a las variables "LACTATO" y "FC". Este importante hallazgo sugiere que, dentro del marco de las condiciones examinadas, los grupos presentan respuestas comparables en términos de estas dos variables. Por lo tanto, esta conclusión adquiere especial relevancia en el ámbito del entrenamiento, ya que implica que la variación en los enfoques o cargas de entrenamiento no generaría cambios sustanciales en los niveles de lactato y frecuencia cardíaca entre los grupos, al menos en las condiciones específicas contempladas en este estudio. Así, se refuerza la noción de que las variables evaluadas, con un enfoque particular en el lactato, y actúan como indicadores confiables para medir de manera objetiva

la carga de entrenamiento.

Los tamaños de efecto derivados del análisis de varianza (ANOVA), presentados en la Tabla 7, proporcionan una visión más profunda de cómo las variables "LACTATO" y "FC" (Frecuencia Cardíaca) contribuyen a las diferencias observadas entre los grupos estudiados. Estos tamaños de efecto cuantifican la magnitud de la influencia de estas variables en las respuestas registradas en el estudio. Para la variable "LACTATO", se calculó un tamaño de efecto (η^2) cercano a 0.129, lo que indica que aproximadamente el 12.9% de la variabilidad en las respuestas de lactato se atribuye a las diferencias entre los grupos. En otras palabras, el "Lactato" tiene un impacto moderado en las disparidades observadas entre los grupos en términos de sus respuestas fisiológicas. De manera similar, en relación con la variable "FC", se obtuvo un tamaño de efecto de alrededor de 0.148, señalando que cerca del 14.8% de la variabilidad en las respuestas de frecuencia cardíaca puede ser atribuible a las diferencias entre los grupos. Esto sugiere que "FC" también desempeña un papel significativo en las variaciones observadas entre los grupos en términos de respuestas fisiológicas. Es crucial notar que, aunque el factor carga no se presenta explícitamente en la tabla, las diferencias en las respuestas de "Lactato" y "FC" entre los grupos pueden ser interpretadas indirectamente como resultado de la carga utilizada en la prueba de carga constante. Estos tamaños de efecto subrayan la relevancia fundamental de "Lactato" y "FC" como indicadores esenciales de las respuestas fisiológicas y su conexión con la carga de trabajo en el entrenamiento. Estos hallazgos refuerzan la validez del lactato como un indicador eficaz para gestionar y regular la carga de entrenamiento de manera eficiente. Es importante considerar que el ejercicio estandarizado de acuerdo con una carga de trabajo externa absoluta puede producir grandes diferencias en el estrés metabólico y cardiovascular interno entre los individuos. Por esta razón, es más eficaz "individualizar" la prescripción del ejercicio según la intensidad relativa, lo que permite respuestas adaptativas más predecibles. (Bingel et al., 2022; Galaz et al., 2021). Por lo tanto, el uso del lactato como una herramienta para objetivar la fuerza y controlar la intensidad del ejercicio es una estrategia confiable, ya que el nivel de lactato en sangre puede proporcionar información valiosa sobre la respuesta metabólica y cardiovascular de una persona durante el ejercicio. (Mate et al., 2015). Es cierto que el lactato tradicionalmente se utiliza como un indicador de fatiga muscular y capacidad aeróbica. (Brooks, 2018). Y no como una medida indirecta para cuantificar la fuerza muscular. Actualmente no existen investigaciones que propongan el lactato como un método para evaluar la fuerza en salud, ni como método de entrenamiento. Sin embargo, existe literatura que demuestra que existe una alta correlación entre el lactato y la carga de trabajo, además de la carga y los umbrales respiratorios. (Tagashira et al., 2021; Spendier et al., 2020; Albesa et al., 2019; Maté et al., 2017; Soriano et al., 2017; Garnach et al., 2015;

Ofner et al., 2014; de Sousa et al., 2011; Moreira et al., 2008; Hernández Cruz et al., 2022). Y sobre todo en regulación y control de la intensidad en poblaciones que se inician en el entrenamiento de fuerza o personas con patologías crónicas de diferentes edades que los limita su estatus físico o la propia enfermedad, con la oportunidad de aprender la forma y la técnica apropiadas, lo que reduce la posibilidad de padecer alguna lesión muscular (Carvalho et al., 2022; Schoenfeld et al., 2017; Vázquez et al., 2022). Algunos estudios como Brad et al., (2016) y Domínguez et al., (2016). Mencionan que trabajar la fuerza en Lt2 o bajo este umbral resulta en mayores mejoras del rendimiento funcional, al mejorar el equilibrio y la coordinación muscular, además de permitir una adherencia incrementada. Lixandrão et al., (2018). Destacan que el entrenamiento con bajas cargas es un enfoque válido y efectivo para aumentar la fuerza muscular en un amplio espectro de edades y capacidades físicas, aunque puede parecer particularmente interesante para aquellas personas con limitaciones físicas. (Ilham et al., 2024; Mazuera et al., 2023). Giuliano 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. Esto es especialmente relevante en pacientes con factores de riesgo o condiciones de salud específicas, ya que puede permitir el diseño de programas de entrenamiento personalizados y seguros. de 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). Esto se debe a que a intensidades de trabajo superiores a las de la LT, aumenta la respuesta de catecolaminas y glucagón, induciendo glucogenólisis y gluconeogénesis hepática y elevando la producción de glucosa por encima de su absorción. Así, la intensidad de trabajo correspondiente al LT optimizará la captación de glucosa muscular, mejorar la resistencia a la insulina y reducir las reservas de grasa visceral. Es esencial tener en cuenta la relación entre la fuerza, la resistencia y el metabolismo energético al aplicar estímulos progresivos, ya que estos se correlacionan con los umbrales de lactato y ventilatorios. Estos resultados sugieren que los niveles de lactato y frecuencia cardíaca están relacionados en un rango de intensidades que abarca desde baja a moderada. Esta relación se puede vincular al modelo trifásico de (Skinner y McLellan 1980), que describe la respuesta fisiológica en función de la intensidad del ejercicio, incluyendo la respuesta metabólica y cardiorrespiratoria. Estos hallazgos proporcionan una base sólida para comprender cómo el lactato y la frecuencia cardíaca pueden guiar la prescripción de entrenamiento de manera más precisa y eficaz. Este enfoque innovador tiene el potencial de mejorar la prescripción del entrenamiento de fuerza, personalizándolo según las necesidades individuales. Utilizar el Lactato como Indicador de

carga puede considerarse una herramienta confiable. Dado que los grupos exhibieron respuestas similares en términos de lactato, se puede utilizar este indicador para cuantificar la intensidad y adecuación del entrenamiento en distintos contextos, independientemente de las diferencias entre los grupos.

En resumen, el estudio enfatiza la importancia de considerar múltiples factores al diseñar programas de entrenamiento de fuerza, incluyendo la seguridad y la adaptabilidad de los ejercicios, especialmente en poblaciones con condiciones de salud específicas. Los resultados respaldan la viabilidad del lactato sanguíneo como un protocolo efectivo para el entrenamiento de la fuerza. Esto sugiere que el seguimiento de los niveles de lactato puede ser valioso para optimizar los programas de entrenamiento y mejorar el rendimiento físico de manera segura y adaptada a las necesidades individuales.

Conclusión

Este estudio destaca la importancia de mejorar la resistencia muscular, la coordinación intra e intermuscular, y el metabolismo aeróbico para la salud cardiovascular y la composición corporal, especialmente en poblaciones sedentarias o con problemas relacionados con el estilo de vida. Los resultados sugieren que la cuantificación de la fuerza a través del lactato puede ser una herramienta efectiva para mantener la estabilidad de las variables metabólicas y cardiorrespiratorias en un entorno predominantemente aeróbico, además de evaluar la capacidad aeróbica y anaeróbica de un individuo. No obstante, es fundamental considerar que este estudio tiene limitaciones, como el tamaño reducido de la muestra y el diseño no controlado. Se necesitan investigaciones adicionales para confirmar estos hallazgos y explorar cómo este protocolo de ejercicio puede aplicarse en diversas poblaciones y contextos de entrenamiento.

Aplicación práctica

La aplicación práctica de los hallazgos de este estudio podría ser en la evaluación y diseño de programas de entrenamiento para mejorar la salud cardiovascular y la composición corporal en poblaciones sedentarias o con patologías relacionadas con el estilo de vida.

Limitaciones

Es importante tener en cuenta que los resultados de cualquier estudio deben ser considerados con cautela y que se requieren múltiples investigaciones para validar los hallazgos y asegurar su aplicabilidad en diferentes poblaciones y contextos. En el caso de este estudio en particular, se menciona que la muestra fue pequeña y que el diseño no fue controlado, lo que sugiere la necesidad de realizar estudios con muestras más grandes y diseños más rigurosos. Además, se debe considerar

que los efectos del ejercicio en la salud cardiovascular y la composición corporal pueden estar influenciados por múltiples factores, como la edad, el género, la dieta, la genética y otros factores ambientales y de estilo de vida. Por lo tanto, se necesitan más estudios para validarlos y explorar su aplicabilidad en diferentes poblaciones y contextos de entrenamiento. Además, es importante adaptar el entrenamiento a las necesidades individuales y realizarlo bajo supervisión médica en pacientes con patologías cardiovasculares.

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 Tomás Valdivia.

Agradecimientos

Dedicado a todos aquellos docentes que han sido parte importante en mi formación profesional y a todos los deportistas con los que he tenido el agrado de trabajar.

Referencias

- Anderson, L., Oldridge, N., Thompson, DR, Zwisler, A.-D., Rees, K., Martin, N. y Taylor, RS (2016). Rehabilitación cardíaca basada en ejercicios para la enfermedad coronaria: revisión sistemática y metanálisis Cochrane. *Journal of the American College of Cardiology*, 67 (1), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2015.10.044>
- 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>
- Abderrahman, AB, Rhibi, F., Ouerghi, N., Hackney, AC, Saeidi, A. y Zouhal, H. (2018). Efectos del modo de recuperación durante el Entrenamiento Interválico de Alta Intensidad sobre las hormonas glucorreguladoras y el metabolismo de la glucosa en respuesta al ejercicio máximo. *Revista de mejora atlética*, 7 (3). <https://doi.org/10.4172/2324-9080.1000292>
- Brad J. Schoenfeld, Jacob M. Wilson, Ryan P. Lowery y James W. Krieger (2016) Adaptaciones musculares en el entrenamiento de resistencia con carga baja versus alta: un metanálisis, *European Journal of Sport Science*, 16:1, 1 - 10, DOI: 10.1080/17461391.2014.989922
- Bangsbo, J., Blackwell, J., Boraxbekk, C.-J., Caserotti, P., Dela, F., Evans, AB, Jespersen, AP, Gliemann, L., Kramer, AF, Lundbye-Jensen, J., Mortensen, EL, Lassen, AJ, Gow, AJ, Harridge, SDR, Hellsten, Y., Kjaer, M., Kujala, UM, Rhodes, RE, Pike, TJCE,... Viña, J. (2019). Declaración de Consenso de Copenhague 2019: actividad física y envejecimiento. *Revista Británica de Medicina Deportiva*, 53 (14), 856–858. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2018-100451>
- 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>
- Borg, E., & Kaijser, L. (2006). A comparison between three rating scales for perceived exertion and two different work tests. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 16(1), 57–69. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2005.00448.x>
- 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 FR, Junior JC, Mendes RG, Sperling MP, Arakelian VM, Bassi D, Arena R, Borghi-Silva A. 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. *Am J Cardiovasc Dis*. 2016 May 18;6(2):36-45. PMID: 27335689; PMCID: PMC4913213.
- Casado, A., González-Mohino, F., González-Ravé, J. M., & Foster, C. (2022). Training periodization, methods, intensity distribution, and volume in highly trained and elite distance runners: A systematic review. *International journal of sports physiology and performance*, 17(6), 820–833. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0435>
- Carvalho, T. de, Milani, M., Ferraz, A. S., Silveira, A. D. da, Herdy, A. H., Hossri, C. A. C., Silva, C. G. S. E., Araújo, C. G. S. de, Rocco, E. A., Teixeira, J. A. C., Dourado, L. O. C., Matos, L. D. N. J. de, Emed, L. G. M., Ritt, L. E. F., Silva, M. G. da, Santos, M. A. D., Silva, M. M. F. da, Freitas, O. G. A. de, Nascimento, P. M. C., ... Serra, S. M. (2020). Diretriz brasileira de reabilitação cardiovascular – 2020. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 114(5), 943–987.

- <https://doi.org/10.36660/abc.20200407>
- 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>
- Campos, Y., Vianna, J., Guimarães, M., Domínguez, R., Azevedo, PH, Ana, LS, Leitão, L., Novaes, J., Silva, S., & Reis, V. (2020). Comparación de métodos para determinar el umbral de lactato durante el ejercicio de prensa de piernas en corredores de larga distancia. *Motriz: revista de educacao fisica. UNESP*, 26 (2). <https://doi.org/10.1590/s1980-6574202000020207>
- 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., 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. *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>
- 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>
- DOMINGUEZ, Raúl; GARNACHO-CASTANO, Manuel Vicente y MATE-MUNOZ, José Luis.Efectos del entrenamiento contra resistencias o entrenamiento de resistencia en diversas patologías. *Nutrición. Hosp.* [en línea]. 2016, vol.33, n.3, pp.719-733. ISSN 1699-5198. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.284>.
- 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>
- Galaz-Campos, D., Olivares-Arancibia, J., Solis-Urra, P., Suarez-Cadenas, E., Santos-Lozano, A., Rodríguez-Rodríguez, F., & Cristi-Montero, C. (2021). Efecto de las vibraciones de alta intensidad de cuerpo completo sobre la remoción del lactato sanguíneo y la frecuencia cardiaca luego de una prueba máxima en hombres activos jóvenes (Effect of High-Intensity whole body vibration on blood lactate removal. *Retos*, 39, 471–476. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.78441>
- 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: Guidance for prescribing exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(7), 1334–1359. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213fefb>
- Garnacho-Castaño, M. V., Dominguez, R., & Maté-Muñoz, J. L. (2015). Understanding the meaning of lactate threshold in resistance exercises. *International journal of sports medicine*, 36(5), 371–377. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1398495>
- Garnacho-Castaño, M. V., Domínguez, R., Ruiz-Solano, P., & Maté-Muñoz, J. L. (2015). Acute physiological and mechanical responses during resistance exercise at the lactate threshold intensity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(10), 2867–2873. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000000956>
- Geidl, W., Abu-Omar, K., Weege, M., Messing, S., & Pfeifer, K. (2020). German recommendations for physical activity and physical activity promotion in adults with noncommunicable diseases. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 17(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s12966-020-0919-x>
- Hansen, D., Abreu, A., Ambrosetti, M., Cornelissen, V., Gevaert, A., Kemps, H., Laukkanen, J. A., Pedretti, R., Simonenko, M., Wilhelm, M., Davos, C. H., 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/eur-jpc/zwab007>
- Hanssen, B., Peeters, N., De Beukelaer, N., Vannerom, A., Peeters, L., Molenaers, G., Van Campenhout, A., Deschepper, E., Van den Broeck, C., & Desloovere, K. (2022). Progressive resistance training for children with cerebral palsy: A randomized controlled trial evaluating the effects on muscle strength and morphology. *Frontiers in physiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.911162>
- Ilham, I., Alsyaifa Putra, R., Agus, A., Bafirman, B., Arsil, A., Bahtra, R., Kurniawan, R., Ndayisenga, J., & Sibomana, A. (2024). Efecto de la combinación del ejercicio de conos (zigzag) con la estabilidad del núcleo, la combinación del ejercicio de escalera (salto de serpiente) con la

- estabilidad del núcleo y la velocidad en la agilidad de los jugadores de fútbol sala: Un diseño experimental factorial (The Effect of Combination of Cone Drill (Zigzag) with Core Stability, Combination of Ladder Drill (Snake Jump) with Core Stability, and Speed on Agility of Futsal Players: A Factorial Experimental Design). *Retos*, 58, 1–11. <https://doi.org/10.47197/retos.v58.105462>
- Hernández-Cruz, G., Estrada-Meneses, E. F., Ramos-Jiménez, A., Rangel-Colmenero, B. R., Reynoso-Sánchez, L. F., Miranda-Mendoza, J., & Quezada-Chacón, J. T. (2022). Relación entre el tipo de ejercicio físico y la fatiga cuantificada mediante VFC, CK y el lactato en sangre (Relationship between physical exercise type and fatigue quantified through HRV, CK, and blood lactate). *Retos*, 44, 176–182. <https://doi.org/10.47197/retos.v44i0.89479>
- 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, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Internal and external training load: 15 years on. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 270–273. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0935>
- Lacio, M., Vieira, J. G., Trybulski, R., Campos, Y., Santana, D., Filho, J. E., Novaes, J., Vianna, J., & Wilk, M. (2021). Effects of resistance training performed with different loads in untrained and trained male adult individuals on maximal strength and muscle hypertrophy: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(21), 11237. <https://doi.org/10.3390/ijerph182111237>
- Lesnak, J. B., Anderson, D. T., Farmer, B. E., Katsavelis, D., & Grindstaff, T. L. (2020). Ability of isokinetic dynamometer to predict isotonic knee extension 1-repetition maximum. *Journal of Sport Rehabilitation*, 29(5), 616–620. <https://doi.org/10.1123/jsr.2018-0396>
- Liguori, G. y Colegio Americano de Medicina Deportiva (ACSM). (2021). *Directrices del ACSM para pruebas de ejercicio y prescripción* (11a ed.). Wolters Kluwer Salud.
- Li, Z., Zhi, P., Yuan, Z., García-Ramos, A., & King, M. (2024). Feasibility of vertical force–velocity profiles to monitor changes in muscle function following different fatigue protocols. *European Journal of Applied Physiology*, 124(1), 365–374. <https://doi.org/10.1007/s00421-023-05283-4>
- 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>
- Lopez, P., Radaelli, R., Taaffe, D. R., Newton, R. U., Galvão, D. A., Trajano, G. S., Teodoro, J. L., Kraemer, W. J., Häkkinen, K., & Pinto, R. S. (2021). Resistance training load effects on muscle hypertrophy and strength gain: Systematic review and network meta-analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 53(6), 1206–1216. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000002585>
- 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>
- Lum, D., & Barbosa, T. M. (2019). Brief review: Effects of isometric strength training on strength and dynamic performance. *International Journal of Sports Medicine*, 40(06), 363–375. <https://doi.org/10.1055/a-0863-4539>
- Sánchez-Medina Luis L instituto Navarro de deporte y juventud (INDJ), studies, research and sports medicine centre, Pamplona, Spain. Pallarés Jesús G JG university of Murcia, human performance and sports science laboratory, Murcia, Spain. Pérez Carlos E CE university of Murcia, sports medicine centre, Murcia, Spain. Ger journal article estimation of relative load from bar velocity in the full back squat exercise. 2017 03 28. *Sports medicine international open*, 1(2), E80–E88. <https://doi.org/10.1055/s-0043-102933>
- Mazuera-Quiceno, C. A., Dávila-Grizales, A., Isáziga-Flórez, J. C., Cardona-Zúñiga, N., & Hidalgo-Troya, A. (2023). Efectos de dos modelos de periodización en la curva de lactato y velocidad de nado en nadadores (Effects of two periodization models on the lactate curve and swimming speed in swimmers). *Retos*, 50, 262–269. <https://doi.org/10.47197/retos.v50.96257>
- Maté-Muñoz, JL, Domínguez, R., Lougedo, JH, & Garnacho-Castaño, MV (2017). Los umbrales de lactato y ventilación en el entrenamiento de resistencia. *Fisiología*

- clínica e imagen funcional*, 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>
- Mazuera-Quiceno, C. A., Dávila-Grisalez, A. A., Calderón-González, J. C., Palacios-Ruales, Y. M., & Tobar-Gutiérrez, A. (2022). Medio más eficaz en el aclaramiento de lactato en luchadores olímpicos (Most effective mean for lactate clearance in Olympic wrestling). *Retos*, 43, 1073–1078. <https://doi.org/10.47197/retos.v43i0.88756>
- 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.
- 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->
- Moreira, S. R., Arsa, G., Oliveira, H. B., Lima, L. C., Campbell, C. S., & 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>
- 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.0000000000003466>
- 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>
- 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>
- Noorköiv, M., Nosaka, K., & Blazevich, A. J. (2014). Neuromuscular adaptations associated with knee joint angle-specific force change. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(8), 1525–1537. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000269>
- OMS. (2020, March 17). Assessing national capacity for the prevention and control of noncommunicable diseases: report of the 2019 global survey. Retrieved May 23, 2023, from Who.int website: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240002319>
- Ofner, M., Wonisch, M., Frei, M., Tschakert, G., Domej, W., Kröppel, 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. (2020). 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>
- 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>
- 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>
- Skinner JS, McLellan TH. The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Res Q Exerc Sport*. 1980;51:234–48.
- Spendier, F., Müller, A., Korinek, M., & Hofmann, P. (2020). Intensity Thresholds and Maximal Lactate Steady State in Small Muscle Group Exercise. *Sports (Basel, Switzerland)*, 8(6), 77. <https://doi.org/10.3390/sports8060077>
- 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>
- 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>
- 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/jfink7040102>
- Spendier, F., Müller, A., Korinek, M., & Hofmann, P. (2020). Intensity Thresholds and Maximal Lactate Steady State in Small Muscle Group Exercise. *Sports (Basel, Switzerland)*, 8(6), 77. <https://doi.org/10.3390/sports8060077>
- 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>
- 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>
- Tagashira S, Kurose S, Kimura Y. Improvements in exercise tolerance with an exercise intensity above the anaerobic threshold in patients with acute myocardial infarction. *Heart Vessels*. 2021 Jun;36(6):766-774. doi: 10.1007/s00380-020-01757-z. Epub 2021 Jan 23. PMID: 33484291.
- 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>
- Tøien T, Pedersen Haglo H, Unhjem R, Hoff J, Wang E. Maximal strength training: the impact of eccentric overload. *J Neurophysiol*. 2018 Dec 1;120(6):2868-2876. doi: 10.1152/jn.00609.2018. Epub 2018 Oct 17. PMID: 30332319.
- Vásquez-Orellana, K., López-Vásquez, M., Méndez-Rebolledo, G., & Guzman Muñoz, E. (2022). Efectos de un entrenamiento neuromuscular sobre el equilibrio postural dinámico y propiocepción en basquetbolistas juveniles con inestabilidad funcional de tobillo (Effects of neuromuscular training on dynamic postural balance and proprioception in youth. *Retos*, 44, 1104–1112. <https://doi.org/10.47197/retos.v44i0.91257>
- Quemba-Joya, D. K. (2023). Entrenamiento neuromuscular integrativo como herramienta para optimizar el rendimiento deportivo en diferentes grupos etarios y niveles competitivos. Revisión de literatura. *Revista Digital: Actividad Física Y deporte*, 9(1). <https://doi.org/10.31910/rdafd.v9.n1.2023.2261>

Datos de los/as autores/as:

Mauro Tauda
Eduardo Cruzat Bravo
Felipe Ignacio Suárez Rojas

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

Autor/a
Autor/a
Autor/a