

Rendimiento en el Deporte

Evaluación de la Fuerza a Través de la Cinética del Lactato y su Correlación Con el VO2max y Frecuencia Cardíaca en Población con Factores de Riesgo: Implicaciones para la Salud Metabólica

Evaluation of Strength Through Lactate Kinetics and Correlation with VO2max And Heart Rate in Population with Risk Factors Implications for Physical Fitness and Metabolic Health

Tauda, Mauricio Ernesto.¹, Cruzat Bravo, Eduardo.¹

¹Universidad de Santo Tomas

Dirección de contacto: mauro.tauda@gmail.com

Mauricio Ernesto Tauda

Fecha de recepción: 29 de octubre de 2023

Fecha de aceptación: 18 de diciembre de 2023

RESUMEN

Objetivos: evaluar la cinética del lactato a través de la fuerza y determinar la correlación con la prueba de VO2max y frecuencia cardíaca en sujetos con factores de riesgo.

Método: 15 participantes con una media de edad 35.5/4.1. Estatura 1.78/0.09. Peso 72.1/12.9. Realizaron una prueba de fuerza máxima en sentadilla y prueba maximal de consumo de oxígeno. en ambos casos se analizaron muestras de lactato sanguíneo.

Resultados: las variables de fuerza y resistencia exhiben una relación significativa, indicando una conexión directa con el metabolismo energético y los parámetros de entrenamiento aplicables. Se evidenció una fuerte asociación entre la

frecuencia cardíaca máxima (FC max) en resistencia y fuerza, con un coeficiente de determinación (R^2) de 0.981 ($p < 0.001$). Además, la relación entre los niveles de lactato en resistencia y fuerza fue notable, con un R^2 de 0.971 ($p < 0.001$). La carga (en kg) y la velocidad (en K/h) demostraron una correlación perfecta, con un R^2 de 1.000 y $p < 0.001$. La prueba de Anova de medias repetidas arrojó un valor significativo de $p < 0.005$. Estos hallazgos respaldan de manera consistente la influencia interrelacionada de las variables medidas, proporcionando una comprensión más profunda de su conexión y relevancia en el contexto del entrenamiento.

Conclusiones: el lactato se muestra como un marcador clave en la evaluación de la respuesta fisiológica durante las pruebas de fuerza. puede servir como un indicador útil para evaluar la respuesta metabólica y la demanda energética durante las pruebas de fuerza. Además, considerando su relación con la carga y la velocidad, el lactato puede contribuir a establecer zonas de entrenamiento específicas.

Palabras Clave: salud, condición física, fuerza muscular, adulto.

ABSTRACT

Purpose: to evaluate lactate kinetics through strength and determine the correlation with the VO2max test and heart rate in subjects with risk factors.

Method: 15 participants with an average age of 35.5/4.1. Height 1.78/0.09. Weight 72.1/12.9. They performed a maximum squat strength test and a maximum oxygen consumption test. In both cases blood lactate samples were analyzed.

Results: the strength and endurance variables exhibit a significant relationship, indicating a direct connection with the energetic metabolism and applicable training parameters. A strong association was observed between maximum heart rate (FC max) in endurance and strength, with a coefficient of determination (R^2) of 0.981 ($p < 0.001$). Furthermore, the relationship between lactate levels in endurance and strength was notable, with an R^2 of 0.971 ($p < 0.001$). The load (in kg) and speed (in K/h) demonstrated a perfect correlation, with an R^2 of 1.000 and $p < 0.001$. The repeated measures Anova test yielded a significant value of $p < 0.005$. These findings consistently support the interconnected influence of the measured variables, providing a deeper understanding of their connection and relevance in the training context.

Conclusions: lactate is shown to be a key marker in the evaluation of the physiological response during strength tests. can serve as a useful indicator to evaluate metabolic response and energy demand during strength tests. Additionally, considering its relationship with load and speed, lactate can help establish specific training zones.

Keywords: health, physical condition, muscular strength, adult.

INTRODUCCIÓN

La actividad física regular es un pilar fundamental para mantener la salud y el funcionamiento óptimo de los sistemas fisiológicos a lo largo de la vida (Muñoz et al., 2017). Dos de los componentes principales que desempeñan un papel destacado son el fitness respiratorio y la fuerza muscular (Bangsbo et al., 2019). Estos elementos se han identificado como predictores cruciales para la función, la movilidad, la independencia y la capacidad de llevar a cabo las actividades de la vida diaria (Benfica et al., 2019). Estos hallazgos están respaldados por una sólida evidencia científica. (King et al., 2019; López et al., 2022). Además, se ha establecido que la cantidad de actividad física moderada a vigorosa realizada semanalmente se asocia inversamente con la mortalidad por todas las causas (Torres et al., 2018). Evitar el comportamiento sedentario es esencial para el envejecimiento saludable, ya que reduce factores de riesgo y previene enfermedades crónicas (Ramsey et al., 2021). Para maximizar la efectividad de las intervenciones y adaptar programas de entrenamiento, es necesario evaluar y cuantificar los niveles de fuerza muscular en función de las necesidades individuales y las características de cada población (Geidl et al., 2020). En este contexto, se han realizado numerosos estudios desde la década de 1980 para establecer valores de referencia de fuerza muscular mediante diversos métodos de medición, como las repeticiones máximas (1RM) y ecuaciones que determinan valores submáximos (Decostre et al., 2015; Dornas et al., 2023; McKay et al., 2017; Resende et al., 2020). Estos estudios se han enfocado en cuantificar la carga de entrenamiento de la fuerza mediante la medición de la velocidad, como se evidencia en la investigación de Luis et al. (2017). Además, se han implementado escalas de percepción subjetiva de esfuerzo y escalas OMNI-RES, según las propuestas de Borg y Kaijser (2006) y Pfeiffer y colegas (2002), respectivamente, con el propósito de evaluar la intensidad del esfuerzo y ajustar los programas de entrenamiento, como se destaca en el trabajo de Pescatello et al. (2022). Este enfoque ha dado origen a la creación de diversos métodos para definir criterios de entrenamiento de manera individualizada, lo que contribuye a

garantizar la seguridad de los pacientes frente a las cargas de ejercicio, como se ha señalado en estudios como los de Carvalho et al. (2020) y Oms (2020). El entrenamiento de fuerza aplicado de manera integral puede inducir una serie de cambios sistémicos beneficiosos, como la reducción de factores de riesgo asociados con enfermedades coronarias, la diabetes insulino dependiente, la inflamación sistémica, la pérdida de prevención de la osteoporosis, la promoción de la salud y el mantenimiento del peso, la mejora de la estabilidad dinámica y la preservación de la capacidad funcional. Además, contribuye al bienestar psicológico (Anderson et al., 2016; Gan et al., 2018). La intensidad programada es un factor crítico en diferentes métodos de entrenamiento de la fuerza (Caruso et al., 2016). Cabe destacar que existe una alta especificidad en la tarea involucrada en el movimiento y la adaptación humana, que abarca patrones de movimiento, características de las acciones musculares, velocidad de movimiento, rango de movimiento, grupos musculares entrenados, sistemas energéticos involucrados, frecuencia, descanso, orden de los ejercicios, intensidad, volumen y métodos de entrenamiento (Liguori y ACSM 2021; Lum et al., 2023). Estos factores determinan en gran medida los efectos específicos en diferentes poblaciones, ya sean deportistas, individuos con o sin experiencia en el entrenamiento o con patologías (Campos et al., 2020; Hanssen et al., 2022; Lacio et al., 2021; Liz et al., 2023; Lopez et al., 2021; Lum et al., 2019; Noorköiv et al., 2014; Tøien et al., 2018). Aunque el umbral anaeróbico no es ampliamente utilizado para el desarrollo de la fuerza, ya que está más relacionado con la capacidad aeróbica que con la fuerza muscular (Brooks, 2020). La carga de entrenamiento directamente relacionada con el lactato proporciona un valor específico de fuerza asociado a un porcentaje del umbral anaeróbico, lo que puede utilizarse como un índice del trabajo muscular interno guiado por la cinética del lactato (Casado et al., 2022; Impellizzeri et al., 2019). Este enfoque implica trabajar a intensidades moderadas por debajo del umbral anaeróbico y ha demostrado ser beneficioso tanto en deportistas (Masuda et al., 2022; Spendier et al., 2020) como en poblaciones con patologías crónicas, como la hipertensión, donde puede reducir la carga cardiovascular y controlar la presión arterial (Hansen et al., 2022). En individuos con enfermedades pulmonares, entrenar a intensidades moderadas puede disminuir la posibilidad de experimentar disnea (Garber et al., 2020), y en poblaciones de tercera edad, mejora la fuerza, la calidad de la masa muscular, el equilibrio y la coordinación muscular y reducir la fragilidad y la sarcopenia (Saeidifard et al., 2019). Además, puede ser una estrategia eficaz para reducir los factores de riesgo en poblaciones sedentarias y facilitar la reintegración al deporte después de una lesión (Mann et al., 2014; Quemba 2023). Es fundamental contar con una medida objetiva de la intensidad de la fuerza y utilizar métodos de entrenamiento adaptados 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 resumen, la evidencia respalda la importancia del ejercicio y el entrenamiento de la fuerza en la mejora de la salud y el bienestar en diversas poblaciones. Evaluar la fuerza y ajustar la intensidad de los programas de entrenamiento en función de criterios individuales es esencial para maximizar los beneficios y garantizar la seguridad de los participantes.

MATERIALES Y METODOS

Descripción de diseño de investigación

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

Participantes del estudio

El tamaño de la muestra se seleccionó de la población global del Gimnasio Podium Valdivia, A través de muestreo no probabilístico intencional, 15 participantes hombres. Edad 35.53 ± 4.10 . Peso 72.15 ± 12.9 . Estatura, 1.78 ± 0.09 . % Grasa 23.19 ± 2.59 % Masa muscular 41.47 ± 2.69 . Vo2/kg 50.80 ± 2.24 . min. Mediante la firma del consentimiento informado de manera voluntaria. Mediante la firma del consentimiento informado de manera voluntaria. Todos los participantes fueron debidamente informados sobre los riesgos y beneficios de su participación en el estudio. A cada participante proporcionó su consentimiento informado por escrito para participar en la investigación. Los procedimientos de este estudio se llevaron a cabo de acuerdo con los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki. Además, se cumplieron todas las regulaciones chilenas pertinentes, incluyendo las Leyes N°19.628, N° 20.120 y N° 20.584, que abordan la protección de datos personales. 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 N° 231366443/2023.

Criterios de inclusión

Participantes hombres y mujeres, rango de edad entre 18 y 40 años, con o sin enfermedades crónicas, con un nivel de actividad física bajo a moderado, con o sin experiencia en el entrenamiento de fuerza.

Criterios de exclusión

Excluir a participantes que tengan contraindicación médica, lesiones musculoesqueléticas recientes o cirugías, participantes con 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 IPAQ AHA/ACSM. 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. Es importante destacar que esta conclusión se basa en la información proporcionada y las estratificaciones de riesgo mencionadas. Sin embargo, siempre es recomendable que antes de iniciar un programa de ejercicios, especialmente en intensidades altas o para personas con condiciones médicas preexistentes, se realice una evaluación médica completa para asegurar la seguridad y la salud de los participantes. Las directrices y recomendaciones específicas pueden variar según el contexto y las características individuales de cada participante.

Instrumentos de medición

Analizador de gases ergo espirómetro Metalyzer Cortex 3B-R3. Alemania. Cinta rodante motorizada con capacidad máxima de 200 kg, modelo H/P/cosmos Mercury®. 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.

Protocolo de medición y/o intervención

En el estudio se llevaron a cabo mediciones, antropometría, test de consumo de oxígeno y test de fuerza incremental, con medición de lactato sanguíneo (Mmol/l) y frecuencia cardíaca (Ppm).

Protocolo VO2max

El protocolo de medición directa sigue los lineamientos expuestos por Kokkinos et al. (2018). Inicio con un calentamiento de 10 minutos en tapiz rodante 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.

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 de fuerza

El procedimiento del protocolo de fuerza máxima dinámica (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.

Tabla 1. *Análisis descriptivo de la muestra*

N 15		Shapiro-Wilk					
Variables	Media	Mediana	Moda	DE	Varianza	w	p
Edad	35.5	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: Análisis descriptivo de la muestra n15. Vo2 l/min. =Consumo máximo de oxígeno en litros por minuto.

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.

Coefficiente de determinación R^2 : 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 ($1-\beta$): 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 (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.

RESULTADOS

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. 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 de la muestra lo que proporciona información sobre la distribución de estos factores de riesgo en el grupo.

La tabla 2 destaca la presencia o ausencia de los factores de riesgo en la muestra, lo que puede ser relevante para analizar su relación con la salud. Historial familiar: 3 individuos tienen un historial familiar de factores de riesgo, mientras que 12 individuos no tienen historial familiar de riesgos. Tabaco: Todos los individuos en la muestra son fumadores. Comportamiento sedentario: 5 individuos tienen un comportamiento sedentario, y 10 no lo tienen. Obesidad: Ningún individuo en la muestra es obeso. Presión arterial: 6 individuos tienen problemas de presión arterial, y 9 no tienen problemas de presión arterial. Dislipidemia: 2 individuos tienen dislipidemia, y 13 no la tienen. Prediabetes: 1 individuo tiene prediabetes, y 14 no tienen prediabetes.

Tabla 3. Media individual Test incremental sentadilla media

Carga	Lactato	Fc	Borg
20	2,01	113,40	2,0
25	2,05	114,60	2,0
30	2,21	118,07	2,0
35	2,32	123,13	3,0
40	2,52	126,20	3,0
45	2,79	134,47	4,0
50	3,12	144,93	4,0
55	3,38	148,60	5,0
60	3,60	161,47	7,0
65	3,88	167,27	8,0
70	4,08	171,40	8,0
75	4,03	173,53	8,0
80	4,41	180,13	8,2
85	4,81	185,29	9,1
90	5,49	189,92	9,0
95	5,90	192,00	10,0
100	6,45	195,50	10,0
110	7,20	195,00	10,0

Nota: Los resultados presentados son la media de valores de las variables individuales por "carga", "lactato", "Fc" (frecuencia cardíaca) y "Bord" (percepción subjetiva del esfuerzo) correspondientes a una prueba incremental de sentadilla media.

Tabla 4. Descriptivos de la muestra. Test incremental sentadilla media

	IC 95%								
	Media	EE	Inferior	Superior	Mediana	Moda	DE	Mínimo	Máximo
Carga	62.78	6.407	49.26	76.30	62.50	20.00	27.18	20	110
Lactato	3.90	0.368	3.13	4.68	3.74	2.01	1.56	2.01	7.20
FC	157.45	7.039	142.60	172.30	164.27	195.00	29.86	113.40	195.00
Borg	6.24	0.720	4.72	7.76	7.50	2.00	3.05	2.00	10.00

Nota: Análisis descriptivo de la muestra en la prueba media sentadilla.

CARGA/LACTATO

R2 .09931

FC MAX (PPM)

LACTATO (MMOL/L)

CARGA (KG)

FC LAC

CARGA (KG)	FC MAX (PPM)	LACTATO (MMOL/L)
20	115	1.8
25	115	2.0
30	118	2.2
35	122	2.4
40	125	2.6
45	135	3.0
50	145	3.4
55	148	3.6
60	160	3.8
65	165	4.0
70	170	4.1
75	172	4.0
80	180	4.3
85	185	4.7
90	190	5.2
95	192	5.6
100	195	6.0
105	195	6.4
110	195	6.8

Evaluación de la Fuerza a Través de la Cinética del Lactato y su Correlación Con el VO2max y Frecuencia Cardíaca en Población con Factores de Riesgo: Implicaciones para la Salud Metabólica. Kronos 22(2).

Tabla 5. Media grupal por test incremental treadmill

Velocidad	Lactato	Frecuencia cardiaca	Borg
5	2,1	106,5	2
6	2,3	118,9	2
7	2,4	124,5	3
8	2,7	130,8	3
9	2,9	137,7	4
10	3,1	144,5	4
11	3,3	150,7	5
12	3,6	155,9	7
13	3,8	162,7	8
14	4,0	165,6	8
15	4,1	169,4	8
16	4,7	172,2	9
17	5,2	175,3	10
18	5,8	181,3	10
19	6,8	190	10

Nota: Los datos representan la media individual por velocidad, lactato, frecuencia cardiaca y percepción subjetiva del esfuerzo.

La tabla 5 muestra cómo los niveles de lactato, la frecuencia cardíaca y la percepción subjetiva del esfuerzo aumentan a medida que se incrementa la velocidad en un test incremental en cinta de correr. Estos datos son importantes para comprender la relación entre la velocidad de ejercicio y las respuestas fisiológicas y subjetivas durante el mismo, lo que puede ser relevante para la planificación y el monitoreo del rendimiento físico.

Tabla 6. Análisis descriptivo treadmill

IC 95%								
	Media	EE	Inferior	Superior	Mediana	DE	Mínimo	Máximo
Velocidad	12.00	1.155	9.52	14.48	12	4.47	5	19
Lactato	3.79	0.350	3.03	4.54	3.60	1.36	2.10	6.80
FC	152.37	6.362	138.73	166.02	155.50	24.64	106.50	190.00
Borg	6.20	0.782	4.52	7.88	7	3.03	2	10

Nota: Variables descriptivas de la prueba incremental en treadmill.

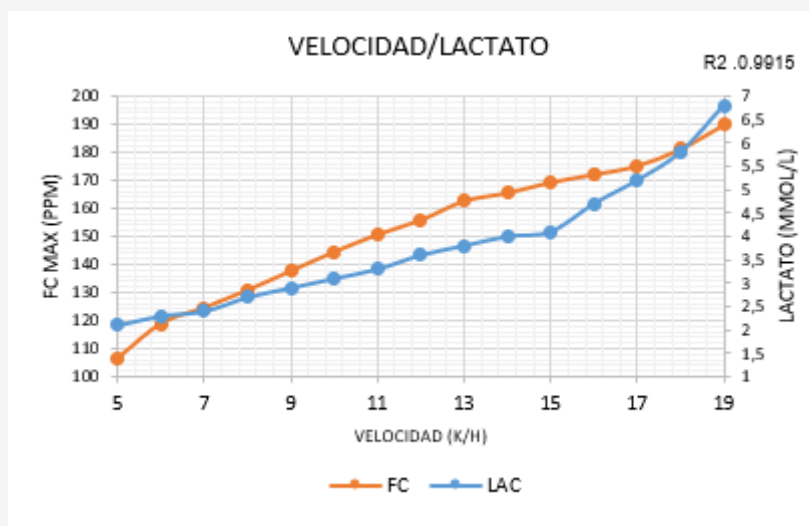


Figura 2. Relación velocidad lactato

La figura 2 representa una prueba incremental en una cinta de correr y muestra cómo se relacionan la velocidad, la frecuencia cardíaca y los niveles de lactato sanguíneo a medida que se incrementa la intensidad del ejercicio. Estos datos son fundamentales para determinar las zonas de entrenamiento en el ejercicio físico cardiorrespiratorio, que se basan en la respuesta fisiológica a diferentes intensidades de ejercicio. Estas zonas se definen combinadas utilizando umbrales y límites de lactato sanguíneo, y se relacionan con el uso de diferentes sustratos energéticos (principalmente grasas y carbohidratos) en el cuerpo. Las zonas de entrenamiento se describen de la siguiente manera: Zona 1, en esta zona predominan los ácidos grasos como recurso esencial para la producción de energía. La intensidad del ejercicio es relativamente baja y se encuentra por debajo del umbral anaeróbico. Los niveles de lactato son bajos, y el cuerpo utiliza principalmente grasas como fuente de energía. La frecuencia cardíaca y la velocidad en esta zona son bajas. Zona 2, en esta zona, el perfil energético es mixto, lo que significa que el cuerpo utiliza tanto ácidos grasos como carbohidratos para obtener energía. La intensidad del ejercicio está por encima del umbral anaeróbico, pero por debajo del límite de 4 mmol/l de lactato sanguíneo. La frecuencia cardíaca y la velocidad aumentan en comparación con la Zona 1. Zona 3, en esta zona predominan los carbohidratos como fuente de energía. La intensidad del ejercicio es alta, y los niveles de lactato sanguíneo superan el límite de 4 mmol/l. El cuerpo utiliza carbohidratos para obtener energía de manera predominante. La frecuencia cardíaca y la velocidad son más altas que en las zonas anteriores. Estas zonas se relacionan directamente con la frecuencia cardíaca, velocidad, lactato y VO2 máximo, y se expresan combinadas en porcentajes para limitar las zonas. La determinación de estas zonas de entrenamiento es esencial para el diseño de programas de ejercicio específicos y para optimizar el rendimiento y los objetivos de entrenamiento de un individuo. El monitoreo de la frecuencia cardíaca y los niveles de lactato sanguíneo durante una prueba incremental como la representada en la figura 1 ayuda a identificar estos umbrales y límites, lo que a su vez permite una prescripción más precisa del ejercicio y la optimización de los beneficios del entrenamiento.

Tabla 7. Matriz de correlación prueba de fuerza/resistencia

	FC (K/h)	FC (Kg)	LAC (K/h)	LAC (Kg)	BORG (K/h)	BORG (Kg)	CARGA (Kg)
FC (Kg)	0.981 < .001						
Lactato (K/h)	0.941 < .001	0.971 < .001					
Lactato (Kg)	0.945 < .001	0.936 < .001	0.981 < .001				
Borg (K/h)	0.992 < .001	0.959 < .001	0.928 < .001	0.911 < .001			
Borg (Kg)	0.987 < .001	0.971 < .001	0.963 < .001	0.923 < .001	0.977 < .001		
Carga (Kg)	0.984 < .001	0.990 < .001	0.978 < .001	0.962 < .001	0.971 < .001	0.981 < .001	
Velocidad (k/h)	0.992 < .001	0.990 < .001	0.986 < .001	0.962 < .001	0.972 < .001	0.981 < .001	1.000 < .001

Nota: matriz de correlación entre las variables de la prueba de fuerza y prueba de consumo de oxígeno.

La tabla 7 muestra una matriz de valoración entre diferentes variables en una prueba de fuerza y resistencia. En esta matriz de evaluación, los números representan los coeficientes de evaluación entre las variables. La relación entre las variables fuerza y resistencia poseen una gran relación lo que permite inferir una relación directa con el metabolismo energético y los parámetros de entrenamiento que se pueden implementar. Frecuencia Cardíaca en resistencia y fuerza. (FC K/H y FC KG) coeficiente de evaluación de 0.981. ($p < 0.001$). Esto indica una fuerte estimulación positiva entre ambas formas de medir la frecuencia cardíaca. Lactato en resistencia y fuerza (LACTATO K/H y LACTATO KG): La valoración entre las dos medidas de niveles de lactato es alta, con un coeficiente de valoración de 0,971 ($p < 0,001$). Esto sugiere una fuerte determinación positiva entre ambas formas de medir el lactato sanguíneo. Carga (kg) y velocidad (K/h): Los resultados 1.000/<.001 de esta relación, indica que existe una relación lineal perfecta y positiva entre la carga en kilogramos y la velocidad en esta prueba. Esto significa que a medida que aumenta la carga, la velocidad aumenta de manera proporcional y constante. Borg prueba de resistencia y Borg prueba de fuerza: La evaluación entre las dos medidas de percepción subjetiva del esfuerzo es alta, con un coeficiente de evaluación de 0.977. ($p < 0.001$). Esto indica una fuerte estimulación positiva entre ambas formas de medir la percepción del esfuerzo. El lactato se muestra como un marcador clave en la evaluación de la respuesta fisiológica durante las pruebas de fuerza. La relación positiva entre los niveles de lactato y la intensidad del esfuerzo implica que el lactato puede servir como un indicador útil para evaluar la respuesta metabólica y la demanda energética durante las pruebas de fuerza. Además, considerando su relación con la carga y la velocidad, el lactato puede contribuir a establecer zonas de entrenamiento específicas. La identificación de los niveles de lactato puede ayudar a determinar umbrales de esfuerzo y establecer distintas zonas de intensidad, lo que resulta crucial para diseñar programas de entrenamiento adaptados a objetivos específicos. Al utilizar el lactato como referencia es posible establecer estrategias de entrenamiento más precisas, especialmente en el contexto de programas de fuerza, permitiendo a los atletas y entrenadores ajustar la intensidad y la carga de manera más efectiva para lograr resultados óptimos. La prueba Anova de medias repetidas posee un valor de $p < 0.005$.

DISCUSIÓN

Tabla 8. 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 – 35	2.01 - 2.32	113 - 130	2 a 3	Baja
2	40 – 55	2,32 - 3,38	131 - 158	3 a 5	Moderada
3	60- 75	3,40 - 4,00	160 - 178	6 a 8	Alta
4	80 - 110	4.00 - 7.20	180 - 195	9 a 10	Máxima

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

La tabla 8 describe cuatro zonas de entrenamiento que se desprenden de los resultados de la prueba de fuerza y su correlación con la prueba de resistencia y que permiten ajustar el programa de entrenamiento con mayor precisión según los objetivos específicos. Trabajar por zonas ligadas a la fuerza implica diseñar programas de entrenamiento específicos que se centran en desarrollar y mejorar la fuerza muscular en diferentes niveles de intensidad. Por lo tanto, se describen los objetivos y beneficios de trabajar en cada zona de fuerza:

Zona de Fuerza Baja (Zona 1 - Baja Intensidad)

Objetivo Principal: Ideal para iniciar el entrenamiento y desarrollar habilidades técnicas.

Poblaciones Recomendadas:

Personas con patologías crónicas como hipertensión.
Individuos en proceso de reintegro deportivo después de una lesión.
Pacientes con enfermedades pulmonares.
Personas con insuficiencia cardíaca.
Poblaciones de tercera edad.

Zona de Fuerza Moderada (Zona 2 - Moderada Intensidad)

Objetivo Principal: Mejora de la coordinación intra e intermuscular, resistencia muscular y fuerza general.

Poblaciones Recomendadas:

Personas con patologías crónicas y factores de riesgo.
Individuos con enfermedades pulmonares.
Pacientes con insuficiencia cardíaca.
Poblaciones de tercera edad.

Zona de Fuerza Alta (Zona 3 - Alta Intensidad)

Objetivo Principal: Desarrollo de la fuerza muscular y potencia, similar a las zonas 1 y 2.

Poblaciones Recomendadas:

Sujetos con enfermedades crónicas y factores de riesgo.
Individuos con enfermedades pulmonares.
Pacientes con insuficiencia cardíaca.
Poblaciones de tercera edad.

Zona de Fuerza Muy Alta (Zona 4 - Muy Alta Intensidad)

Objetivo Principal: Desarrollo de la fuerza general, coordinación intermuscular y potencia absoluta.

Poblaciones Recomendadas:

Individuos con un alto nivel técnico y experiencia.
Cuando la intensidad no sea contraproducente en presencia de enfermedades estructurales o crónicas.

Cada zona de fuerza delineada en el programa de entrenamiento tiene propósitos distintos y aplicaciones específicas, lo que subraya la importancia de personalizar los enfoques de entrenamiento. La consideración cuidadosa de los objetivos personales, el nivel de condición física y la experiencia individual es esencial para diseñar programas efectivos y seguros (Geidl et al., 2020). Además, el seguimiento preciso de la intensidad del entrenamiento es clave para garantizar que se trabaje dentro de la zona de fuerza deseada y para alcanzar los objetivos específicos de fuerza. Para este fin, es crucial emplear parámetros como la carga (peso utilizado en el ejercicio), la velocidad de ejecución y la monitorización de la

frecuencia cardíaca. Estos indicadores ofrecen una evaluación integral del esfuerzo y la respuesta fisiológica durante la sesión de entrenamiento (Gryko et al., 2022). Al integrar estos aspectos en el diseño y seguimiento del programa de entrenamiento, se optimiza la eficacia del régimen de fuerza y se mejora la capacidad para adaptarse a los objetivos individuales. Estas prácticas respaldan un enfoque holístico hacia el entrenamiento de fuerza, proporcionando herramientas efectivas para la mejora continua y la optimización del rendimiento (Butzer et al., 2023). Es interesante destacar que, en las diversas metodologías para el entrenamiento de la fuerza, el umbral anaeróbico no se utiliza comúnmente como medida directa para cuantificar o desarrollar la fuerza muscular. Este concepto, según Brooks (2020), está más relacionado con la capacidad aeróbica que con la fuerza muscular per se. Sin embargo, la carga de entrenamiento asociada directamente al lactato proporciona un valor específico de fuerza a un porcentaje del umbral anaeróbico, convirtiéndose en un índice útil del trabajo muscular interno guiado por la cinética del lactato. Esta aproximación permite un control más preciso de la intensidad absoluta del entrenamiento (Lixandrão et al., 2018; Lesnak et al., 2020). Esta metodología se traduce en una dinámica de trabajo que va desde baja a alta intensidad, considerando el umbral anaeróbico como la zona de máxima intensidad. De este modo, se aprovecha la relación directa entre la carga de entrenamiento y el lactato para establecer niveles específicos de fuerza en correspondencia con la respuesta metabólica del individuo. Este enfoque más personalizado puede contribuir a optimizar el rendimiento y la adaptación muscular, al tiempo que se minimizan los riesgos asociados con el exceso de esfuerzo en determinadas poblaciones o contextos de entrenamiento (Berra et al., 2015). En la actualidad, se ha explorado una variedad de enfoques y estrategias de entrenamiento de la fuerza que incorporan el lactato como indicador clave y se han sugerido beneficios asociados con entrenar a intensidades por debajo del umbral anaeróbico tanto en atletas como en poblaciones con patologías crónicas. En deportistas, investigaciones como las de Garnacho et al. (2015), Simões et al. (2014) y Skinner et al. (2020), han destacado los beneficios de entrenar a intensidades específicas relacionadas con el lactato. Estos estudios sugieren que adaptar las sesiones de entrenamiento a niveles de lactato específicos puede potenciar el rendimiento y la respuesta muscular, proporcionando un marco más preciso para la planificación del entrenamiento de fuerza. En poblaciones con patologías crónicas, como la hipertensión, se ha propuesto que entrenar a intensidades moderadas puede ser una estrategia efectiva para reducir la carga cardiovascular y controlar la presión arterial (Schoenfeld et al., 2017). Este enfoque puede brindar beneficios terapéuticos adicionales al entrenamiento de fuerza, contribuyendo a la gestión de condiciones médicas específicas. Además, en individuos con enfermedades pulmonares, entrenar a intensidades moderadas ha sido asociado con la disminución de la posibilidad de experimentar cuadros de disnea (Tagashira et al., 2017). Este hallazgo respalda la idea de que ajustar la intensidad del entrenamiento basándose en la respuesta del lactato puede ser una estrategia beneficiosa en contextos clínicos, mejorando la tolerancia al ejercicio y la calidad de vida (Franklin et al., 2022). Estas investigaciones subrayan la importancia de considerar el lactato como una herramienta valiosa en la individualización de los programas de entrenamiento de fuerza, adaptando las intensidades según las necesidades y características específicas de cada individuo, ya sea en el ámbito deportivo o en contextos clínicos. En poblaciones de tercera edad, la inclusión de entrenamiento de fuerza ha demostrado una serie de beneficios significativos. Estos beneficios incluyen mejoras en la fuerza y calidad de la masa muscular, aumento de la masa ósea, mejor equilibrio y coordinación muscular, así como la reducción de la fragilidad y la sarcopenia (Ofner et al., 2014). Además, el entrenamiento de fuerza puede ser una estrategia efectiva para disminuir los factores de riesgo en poblaciones sedentarias y facilitar el reintegro deportivo después de una lesión (Albesa et al., 2019; Brad et al., 2016; Mate et al., 2017). Es esencial destacar que, en el caso de estas poblaciones, contar con una medida directa para objetivar la intensidad del entrenamiento de fuerza y utilizar métodos adaptados a las necesidades y capacidades individuales son fundamentales. Este enfoque contribuye a minimizar el riesgo de lesiones y promover una progresión segura en el rendimiento físico (Shaw et al., 2022). El entrenamiento de fuerza personalizado y adecuadamente supervisado se ha convertido en un componente esencial de los programas de acondicionamiento físico para adultos mayores. Al abordar las necesidades específicas de esta población, se puede mejorar significativamente la calidad de vida, la funcionalidad y la independencia, al tiempo que se reduce el riesgo de caídas y fracturas asociadas con la pérdida de masa muscular y ósea. La implementación de estrategias de entrenamiento de fuerza adaptadas y seguras puede marcar una diferencia sustancial en el bienestar de las personas mayores (Chen et al., 2023). Es de suma importancia subrayar que, en el caso del entrenamiento de fuerza en poblaciones de la tercera edad, la disponibilidad de medidas directas para cuantificar la intensidad es esencial. Utilizar métodos de entrenamiento adaptados a las capacidades individuales no solo minimiza el riesgo de lesiones, sino que también favorece una progresión segura en el rendimiento físico (Shaw et al., 2022). La personalización de los programas de entrenamiento, considerando la capacidad física y la salud específica de cada individuo, se convierte en un componente esencial para optimizar los resultados y garantizar la participación segura y efectiva en el entrenamiento de fuerza en la tercera edad (Padilla et al., 2014). Los resultados obtenidos en la comparación de las respuestas fisiológicas en ambas pruebas y su relación con el entrenamiento son claros y efectivos. La utilidad del lactato sanguíneo para evaluar la fuerza y establecer zonas de entrenamiento basadas en umbrales anaeróbicos se destaca. Por lo tanto, se plantea la viabilidad de establecer zonas de entrenamiento basadas en los niveles de lactato sanguíneo. Observando similitudes en el comportamiento del lactato en ambas pruebas, donde los niveles aumentan con la intensidad del ejercicio, se sugiere que el lactato es un indicador sensible de la intensidad del esfuerzo, ya sea en pruebas de fuerza o en pruebas cardiorrespiratorias (Galvan et al., 2023). Dado que los niveles de lactato sanguíneo varían en función de la intensidad del ejercicio, es factible utilizarlos para definir zonas de entrenamiento. La estratificación de zonas de entrenamiento basada en umbrales de lactato relacionados con la fuerza se presenta como una herramienta valiosa para

personalizar programas de entrenamiento y promover un rendimiento físico óptimo en diversas poblaciones.

CONCLUSIONES

La incorporación del lactato sanguíneo como indicador de intensidad en programas de entrenamiento resulta sumamente relevante, ya que este componente establece una relación directa con la intensidad del esfuerzo, tanto en pruebas de fuerza como en ejercicios cardiorrespiratorios. Este enfoque ofrece una evaluación precisa de la intensidad del entrenamiento, garantizando que los participantes trabajen en las zonas deseadas para lograr sus objetivos de fuerza de manera segura y efectiva. La sensibilidad del lactato sanguíneo a la variación de la intensidad del ejercicio, evidenciada por el aumento en sus niveles conforme se incrementa la exigencia física, respalda su utilidad como indicador dinámico de la carga de trabajo interna. Esta capacidad se traduce en la posibilidad de establecer zonas de entrenamiento personalizadas basadas en umbrales de lactato, ofreciendo así un enfoque individualizado que se adapta a las necesidades y capacidades específicas de cada persona.

En este contexto, la estratificación de zonas de entrenamiento guiada por los niveles de lactato sanguíneo emerge como una herramienta valiosa para personalizar programas de entrenamiento. Este enfoque no solo contribuye a la optimización del rendimiento físico, sino que también promueve la seguridad y la efectividad en la consecución de objetivos de fuerza. En resumen, la consideración del lactato sanguíneo como un indicador clave en la planificación del entrenamiento ofrece un enfoque integral y preciso para guiar la intensidad del esfuerzo y maximizar los beneficios del entrenamiento de fuerza.

APLICACIÓN PRACTICA

Este enfoque no solo es aplicable a atletas, sino que también beneficia a poblaciones con afecciones médicas crónicas, como hipertensión, enfermedades pulmonares o insuficiencia cardíaca, así como a adultos mayores. Proporciona una estrategia viable para reducir factores de riesgo, mejorar la salud general y facilitar la rehabilitación después de una lesión.

LIMITACIONES

La medición del lactato sanguíneo, a pesar de su valor en la evaluación del metabolismo durante el ejercicio, presenta limitaciones prácticas. En particular, este procedimiento puede exigir equipos y análisis especializados, lo que podría resultar costoso y no siempre estar disponible en entornos de entrenamiento convencionales. La falta de acceso a estos recursos podría dificultar la implementación rutinaria de las mediciones de lactato sanguíneo en ciertos contextos, limitando la capacidad de monitoreo detallado de la respuesta metabólica durante el ejercicio. Es importante considerar estas limitaciones al interpretar y generalizar los resultados de los estudios que dependen de mediciones de lactato sanguíneo, ya que la disponibilidad de recursos y la viabilidad práctica pueden variar considerablemente entre diferentes entornos y poblaciones. Además, se deben explorar alternativas más accesibles o tecnologías emergentes que puedan mitigar estas limitaciones y permitir una evaluación más amplia y económica de las respuestas metabólicas en diversos entornos de entrenamiento.

POTENCIAL PRESENCIA DE CONFLICTOS DE INTERÉS

El presente trabajo declara no tener conflictos de intereses.

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

REFERENCIAS

- 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, T.J.C.,... 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., de Brito, SAF, Bernardino, LHN, Teixeira-Salmela, L.F., & Faria, C.D.C. de M. (2019). Errata de valores de referencia de fuerza muscular: una revisión sistemática con metanálisis descriptivo. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 23(6), 549. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2019.10.001>
- Berra, K., Rippe, J., Manson, J.E. (2015). Making Physical Activity Counseling a Priority in Clinical Practice: The Time for Action Is Now. *JAMA*, 14(24), 2617-8. doi: 10.1001/jama.2015.16244.
- Borg, E. y Kaijser, L. (2006). Una comparación entre tres escalas de calificación del esfuerzo percibido y dos pruebas de trabajo diferentes. *Revista escandinava de medicina y ciencia en el deporte*, 16 (1), 57-69. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2005.00448.x>
- Butzer, J.F., Kozlowski, A.J., Hern, R., Gooch, C. (2023). Randomized Trial of Two Exercise Programs to Increase Physical Activity and Health-Related Quality of Life for Persons With Spinal Cord Injury. *Top Spinal Cord Inj Rehabil*. 29(4),51-60. doi: 10.46292/sci22-00042.
- 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), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2020.101454>
- Campos, Y., Vianna, J., Guimarães, M., Domínguez, R., Azevedo, P.H., Ana, L.S., Leitão, L., Novaes, J., Silva, S., & Reis, V. (2020). Comparison of methods to determine the lactate threshold during leg press exercise in long-distance runners. *Motriz: revista de educacao fisica. UNESP*, 26(2). <https://doi.org/10.1590/s1980-6574202000020207>
- 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.
- 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, N (2020). Diretriz brasileira de reabilitação cardiovascular - 2020.. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 114(5), 943-987. <https://doi.org/10.36660/abc.20200407>
- 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/ijsspp.2021-0435>
- Chen, Y.C., Chen, W.C., Liu, C.W., Huang, W.Y., Lu, I., Lin, C.W., Huang, R.Y., Chen, J.S., Huang, C.H. (2023). Is moderate resistance training adequate for older adults with sarcopenia? A systematic review and network meta-analysis of RCTs. *Eur Rev Aging Phys*, 20(1), 22. doi: 10.1186/s11556-023-00333-4. PMID: 38030985; PMCID: PMC10687931.
- 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>
- Franklin B.A, Eijsvogels T.M.H (2022). Physical activity, cardiorespiratory fitness, and cardiovascular health: A clinical practice statement of the American Society for Preventive Cardiology Part II: Physical activity, cardiorespiratory fitness, minimum and goal intensities for exercise training, prescriptive methods, and special patien. *Am J Prev Cardiol*, 12(100425). doi: 10.1016/j.ajpc.2022.100425. PMID: 36281325; PMCID: PMC9586849.
- Gan, Z., Fu, T., Kelly, D.P., & Vega, R.B. (2018). Skeletal muscle mitochondrial remodeling in exercise and diseases. *Cell Research*,

- 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
- Galvan-Alvarez, V., Martin-Rincon, M., Gallego-Selles, A., Martínez Canton, M., HamedChaman, N., Gelabert-Rebato, M., Perez-Valera, M., García-Gonzalez, E., Santana, A., Holmberg, H.C., Boushel, R., Hallén, J., Calbet, J.A.L. (2023). Determinants of the maximal functional reserve during repeated supramaximal exercise by humans: The roles of Nrf2/Keap1, antioxidant proteins, muscle phenotype and oxygenation. *Redox Biol*, 66(102859). doi: 10.1016/j.redox.2023.102859. PMID: 37666117; PMCID: PMC10491831.
- 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), e8. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1548803>
- 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>
- Gryko, K., Adamczyk, J.G., Kopiczko, A., Calvo, J.L., Calvo, A.L., & Mikołajec, K. (2022). Does predicted age at peak height velocity explain physical performance in U13-15 basketball female players?. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 14(1) <https://doi.org/10.1186/s13102-022-00414-4>
- 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>
- 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>
- 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>
- 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, L.A., Arena, R., Zhang, J., & Myers, J. (2018). A new generalized cycle ergometry equation for predicting maximal oxygen uptake: The Fitness Registry and the Importance of Exercise National Database (FRIEND). *European Journal of Preventive Cardiology*, 25(10), 1077-1082. <https://doi.org/10.1177/2047487318772667>
- 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). <https://doi.org/10.3390/ijerph18211237>
- 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>
- Li, Z., Zhi, P., Yuan, Z., García-Ramos, A., & King, M. (2023). Feasibility of vertical force-velocity profiles to monitor changes in muscle function following different fatigue protocols. *European Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/10.1007/s00421-023-05283-4>
- 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>
- 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>
- 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., & 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>
- 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>
- 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-. \(s/f\)](https://doi.org/10.1007/s40279-013-0110-.).
- 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>
- 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>
- 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>
- (ncd), N.D. (2020, marzo 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>.
- Noorkõiv, 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>
- Ofner, M., Wonisch, M., Frei, M., Tschakert, G., Domej, W., Kröpfel, 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.
- Padilla Colón, C.J., Sánchez Collado, P., & Cuevas, M.J. (2014). Beneficios del entrenamiento de fuerza para la prevención y tratamiento de la sarcopenia. *Nutrición Hospitalaria*, 29(5), 979-988. <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2014.29.5.7313>
- 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>
- 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/10.1097/00005768-200212000-0002>
- 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/rdafe.v9.n1.2023.2261>
- 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>
- 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., 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>
- 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>
- 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., 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>