

Relación entre la pérdida de velocidad propulsiva en los ejercicios de fuerza y los niveles de lactato como indicador de fatiga en personas con sobrepeso u obesidad



David Ibarra Valencia

Gabriela Morales Vega

Universidad del Valle

Facultad de Educación y pedagogía

Licenciatura en educación física y deportes

Santiago de Cali

Noviembre 19 del 2023

Relación entre la pérdida de velocidad propulsiva en los ejercicios de fuerza y los niveles de lactato como indicador de fatiga en personas con sobrepeso u obesidad

David Ibarra Valencia

Gabriela Morales Vega

Director trabajo de grado:

Hugo Alejandro Carrillo Arango

Universidad del Valle

Facultad de Educación y pedagogía

Licenciatura en educación física y deportes

Santiago de Cali

Noviembre 19 del 2023

Tabla de contenido

Lista de tablas	5
Lista de gráficas	6
Lista de anexos	7
Abreviaturas y símbolos.....	8
Resumen.....	9
Abstract.....	10
Introducción.....	11
Planteamiento del problema.....	13
Justificación.....	16
Marco Teórico y estado del arte.....	18
Control de la velocidad de ejecución en ejercicios de fuerza como estrategia de entrenamiento.....	18
Pérdida de velocidad de propulsión y niveles de lactato en sangre relacionados con la fatiga y la respuesta neuromuscular en los entrenamientos de fuerza.....	19
Entrenamiento de fuerza en personas obesas, alteraciones bioquímicas en los estados de obesidad.....	21
Lactato como marcador de intensidad de trabajo, lactato y enfermedades	23
Objetivos.....	27
Objetivo General.....	27
Objetivos Específicos.....	27
Metodología.....	28
Diseño.....	28
Población y muestra.....	28
Reclutamiento de los participantes.....	28
Criterios de selección.....	28
Criterios de exclusión.....	29
Definición de las variables y recolección de la información.....	30
Aspectos éticos.....	31
Materiales y métodos.....	31
Protocolos de intervención Dia 1	33

Protocolos de control Dia 2.....	34
Control de sesgos.....	36
Análisis de la información.....	36
Resultados.....	37
Discusión.....	43
Conclusiones.....	48
Referencias.....	49

Lista de tablas

Tabla 1. Definición de las variables.....	30
Tabla 2. Características antropométricas de los participantes.....	38
Tabla 3. Análisis descriptivo de variables en el protocolo de esfuerzo con PV 20%.....	40
Tabla 4. Análisis descriptivo de las variables en el protocolo de esfuerzo con PV 40%.....	41

Lista de gráficas

Gráfica 1. Metodología para la realización del estudio.....	35
Gráfica 2. No. de repeticiones comparando la PV al 20 y 40%.....	39
Gráfica 3. Frecuencia cardiaca min. 1 y min. 3 con PV al 20 y 40%.....	40
Gráfica 4. Lactato min. 1 y min. 3 con PV al 20 y 40%.....	42

Lista de anexos

Anexo 1. Formato de recolección de datos.....	59
Anexo 2. Consentimiento informado.....	63
Anexo 3. Consentimiento informado extendido.....	64
Anexo 4. Registro fotográfico.....	69
Anexo 5. Registro fotográfico de instrumentos de medición.....	72

Abreviaturas y símbolos

AF: Actividad física

EF: Ejercicio Físico

OMS: Organización Mundial de la Salud

PV: Pérdida de velocidad

FC: Frecuencia cardíaca

IPAQ: Cuestionario Internacional de Actividad Física

AINES: Medicamentos antiinflamatorios no esteroideos

RM: Repetición máxima

VMP: Velocidad media propulsiva

IMC: Índice de masa corporal

TMB: Tasa metabólica basal

MRM: Múltiples repeticiones máximas

Resumen

El objetivo de la investigación fue evaluar las concentraciones de lactato en sangre en dos protocolos de esfuerzo en miembros inferiores con porcentajes de pérdida de velocidad propulsiva diferentes, para determinar los niveles de fatiga en un grupo de personas sedentarias con índices de sobrepeso u obesidad. Con el fin de reconocer si el método de entrenamiento por pérdida de velocidad de ejecución del movimiento es plausible para entrenar esta población.

Participaron 10 personas con un IMC entre 25 y 35 kg/m² o tener un perímetro abdominal ≥ 80 cm para mujeres y ≥ 90 cm para hombres. sin enfermedades de base. La presión arterial, frecuencia cardiaca, lactato en sangre y glucosa se registró en estado basal, pre y post ejercicio, una hora antes de la intervención de ejercicio, una hora después de ingerir la glucosa, durante el ejercicio, uno, dos y tres horas después del ejercicio. Cada participante ingirió 75 gr de solución de glucosa que induce a su organismo un estado de hiperglucemia.

Se concluye que un protocolo corto de alta intensidad de fuerza tiene un efecto agudo importante sobre la concentración de lactato en pacientes con sobrepeso u obesidad sedentarios y una relación inversa entre la pérdida de velocidad y los niveles de lactato en sangre.

Palabras clave: Fuerza, velocidad, lactato, RM, sobrepeso.

Abstract

The objective of the research was to evaluate blood lactate concentrations in two lower limb effort protocols with different percentages of loss of propulsive speed, in order to determine fatigue levels in a group of sedentary people with overweight or obese indices. With the purpose of recognizing if the method of training by loss of speed of execution of the movement is plausible to train this population.

Ten people with a BMI between 25 and 35 kg/m² or having an abdominal perimeter ≥ 80 cm for women and ≥ 90 cm for men. without underlying diseases. Blood pressure, heart rate, blood lactate and glucose were recorded at baseline, pre- and post-exercise state, one hour before the exercise intervention, one hour after ingesting glucose, during exercise, one hour after exercise, two hours after exercise and three hours after exercise. Each participant ingested 75 g of glucose solution that induced a hyperglycemic state in the body.

It is concluded that a short high intensity strength protocol has a significant acute effect on lactate concentration in sedentary overweight or obese patients and an inverse relationship between speed loss and blood lactate levels.

Keywords: Strength, speed, lactate, RM, overweight.

Introducción

Las acciones de movimiento independientes del ámbito en que se ejecuten o de su finalidad en sí mismas, requieren de una acción muscular para el desplazamiento que conlleva el uso necesario de la fuerza, la cual depende de las variables que la pueden afectar; por ejemplo, la velocidad de ejecución, y el peso o la carga que ponga resistencia en dicha acción (Toigo & Boutellier, 2006). En las disciplinas deportivas la fuerza muscular es un factor importante y determinante para el alto rendimiento, es por eso que en la mayoría de estas, los programas para el mejoramiento físico incluyen los entrenamientos de fuerza (Toigo & Boutellier, 2006; Balsalobre-Fernández & Tejero-González, 2014).

La fuerza muscular mejora el desarrollo de la condición física y es un componente importante del fitness relacionado con la salud, debido a que trae beneficios como: el aumento de la tasa metabólica basal debido al desarrollo del tejido magro o masa muscular, proporciona un equilibrio estructural entre huesos, músculos, tejido conectivo y aumenta la irrigación sanguínea; lo cual beneficia los procesos metabólicos, disminuye la resistencia a la insulina y optimiza el uso de las reservas energéticas por medio de estos procesos (Hurley, 1994; Pollock et al, 2000; Kell et al, 2001;; Warburton et al, 2001).

En la actualidad, existen algunos vacíos en investigaciones relacionadas con aspectos de salud y el entrenamiento físico en personas que por diferentes motivos no llevan un control de su estado nutricional, y que por esta razón han afectado muchos de los componentes de su condición física, en especial la fuerza, que se ha visto influenciada por la búsqueda de optimizar los entrenamientos por medio de la velocidad de ejecución en cada ejercicio, tratando de dejar a un lado las variables de cargas máximas o submáximas como medidas de la intensidad; las cuales afectan de diferentes maneras la permanencia de los sujetos en el entrenamiento físico (Nacleiro, 2008; Wernbom M, Augustsson J & Thomeé R, 2007).

Por esta razón, este trabajo presenta una investigación que incluyó las variables del entrenamiento de la potencia muscular, tanto la fuerza como la velocidad de

ejecución, teniendo en cuenta el tipo de población que se ve afectada por las razones anteriormente expuestas, para dar respuesta al factor determinante de la fatiga en relación con la pérdida de velocidad en los ejercicios de fuerza y los niveles de lactato.

Para esto, se establece el proyecto de investigación “relación entre la pérdida de velocidad propulsiva en los ejercicios de fuerza y los niveles de lactato como indicador de fatiga en personas sedentarias con sobrepeso u obesidad” diseñado para describir los comportamientos de los niveles de fuerza y pérdida de velocidad propulsiva en la población objeto de estudio relacionados con los niveles de lactato en sangre en cada protocolo de esfuerzo, lo cual permitirá conocer cómo se relacionan las variables de estrés mecánico y metabólico. El análisis de estas relaciones puede sugerir que la pérdida de velocidad propulsiva y los niveles de lactato en sangre pueden proporcionar validez para estimar el grado de esfuerzo proporcionado en cada uno de los protocolos y de tal manera ser útiles como variables que expresan y dosifican la carga en los programas de entrenamiento de fuerza para este tipo de población.

1. Planteamiento del problema

El entrenamiento de fuerza constituye un componente fundamental tanto en la preparación deportiva, como en la salud y en la prevención o rehabilitación de lesiones (Naclerio, 2008), la cuantificación de las relaciones dosis-respuesta entre las variables de entrenamiento y el resultado es fundamental para la correcta prescripción del entrenamiento de fuerza (Wernbom M, Augustsson J & Thomeé R, 2007).

Debido a ello, para dar seguimiento y asignar las cargas en los entrenamientos de fuerza a los atletas y con el objetivo de maximizar su rendimiento deportivo, resulta importante trabajar con variables como volumen (número de series y repeticiones) e intensidad (normalmente expresada como porcentaje de 1RM o como número máximo de repeticiones por serie – nRM), tipo y orden de los ejercicios a emplear, relación entre el tiempo de trabajo y descanso. (Balsalobre-Fernández & Jiménez-Reyes, 2014)

El manejo de estas variables por parte del entrenador establece la magnitud de las cargas, como el cuerpo reacciona a estas y las adaptaciones fisiológicas que realiza el cuerpo para sobrellevar el entrenamiento de fuerza (Balsalobre-Fernández & Jiménez-Reyes, 2014). Y controlar las variables de entrenamiento es vital para garantizar las adaptaciones deseadas en el entrenamiento de fuerza. (Varela-Olalla, D., Del Campo-Vecino, J., & Garcia-Garcia, J.M., 2018)

Por ello, tres de los principales problemas del entrenamiento deportivo son la dosificación de la carga programada, el control de la carga aplicada y la evaluación del efecto de entrenamiento. (González-Badillo JJ, Sánchez-Medina L, Pareja Blanco F, & Rodríguez Rosell D, 2017). Siendo la intensidad especialmente importante para mejorar la fuerza máxima (Varela-Olalla, et al., 2018).

Los indicadores más habituales que se han usado como referencia para la dosificación de la carga han sido “el método de una repetición máxima (1RM)

definido como el máximo peso que puede ser levantado una vez con el movimiento técnico correcto” (Pinto, V., Loaiza, D., Espinal, J., & Wilcchez, O., 2020) y el valor de un número determinado de repeticiones máximas que se pueden realizar ante una carga (nRM).

Sin embargo; la metodología del RM y el nRM presenta varios inconvenientes a la hora de realizarlo, un excesivo grado de fatiga, puede estar asociado con lesiones cuando se realiza incorrectamente o por sujetos novatos, la repetición constante para ajustar las cargas de entrenamiento requiere mucho tiempo y es poco práctico para grupos grandes. Además, la literatura nos sugiere que el RM real puede cambiar con bastante rapidez después de unas pocas sesiones de entrenamiento y, a menudo, el valor obtenido no es el máximo real del sujeto. (González-Badillo & Sanchez-Medina, 2010)

Por lo tanto, para medir la fuerza muscular en diferentes tipos de poblaciones que no tenga como variable principal lo que tradicionalmente se ha venido trabajando en todos los entrenamientos de fuerza: volumen e intensidad representada en 1RM y nRM, se utilizará la pérdida de velocidad en la ejecución del movimiento con la ayuda de diferentes equipos que permitan tener esta medida como variable para mejorar la potencia. “Ya en los años 70-80 percibimos que la parte central de la problemática del entrenamiento -la referida dosificación, control y evaluación del entrenamiento, así como la valoración de la condición física diaria- podría tener una a través del control de la velocidad en la ejecución... Se propone la conveniencia de no ir nunca a la 1RM en ningún ejercicio, ya que no es necesaria ni para la dosificación del entrenamiento ni para la evaluación del efecto del mismo” (Gonzales-Badillo, et al., 2017)

Esta propuesta de usar la velocidad de ejecución en los ejercicios de fuerza se ha utilizado de manera frecuente en diversas investigaciones (Pareja-Blanco, 2016; Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J., Mora-Custodio, R., Torres-Torrelo, J.,

Ribas-Serna, J., & González-Badillo, J., 2020; Nájera-Ferrer, P., Pérez-Caballero, C., González-Badillo, J., & Pareja-Blanco, F., 2021) donde de manera frecuente se trabajó con una población de hombres entrenados en fuerza. Estos estudios llevados a cabo en este tema están enfocados en un pequeño porcentaje de la población general (Hombres entrenados) excluyendo otros tipos de poblaciones, como pueden ser las personas sedentarias y obesas, por esa razón este estudio se propone determinar la relación entre la pérdida de velocidad propulsiva en los ejercicios de fuerza y los niveles de lactato como indicador de fatiga en personas sedentarias con sobrepeso u obesidad.

2. Justificación

El entrenamiento con cargas ha sido utilizado por deportistas para aumentar su fuerza muscular, desde hace varios años sus beneficios en el ámbito de la salud

están siendo ampliamente estudiados. Está demostrado que el entrenamiento de la fuerza tiene un efecto positivo sobre la composición corporal, pues existen numerosas evidencias de que el entrenamiento con cargas puede mejorar la fuerza, ayuda a reducir el porcentaje de grasa corporal y la masa grasa total, e incluso que este entrenamiento puede ser efectivo en la reducción de la grasa visceral, la más activa desde un punto de vista metabólico y la más potencialmente peligrosa (Balsalobre-Fernández & Tejero-González, 2014).

Además, este tipo de ejercicio cuenta con el potencial para mejorar los desórdenes metabólicos asociados con el sobrepeso, la presión arterial, el control glucémico; así como, para reducir la ingesta de fármacos para la diabetes y reducir la adiposidad abdominal (Saura, Isidro, Heredia & Segarra, 2014).

También es de conocimiento común que el hecho de poseer sobrepeso u obesidad conlleva a un mayor riesgo de mortalidad, así como al desarrollo de múltiples padecimientos, especialmente enfermedad coronaria, diabetes tipo 2, cáncer y apoplejía. (Sánchez-Castillo C, Pichardo-Ontiveros E, López-RP, 2004). Esta condición o enfermedad multifactorial está caracterizada por un excesivo acúmulo de tejido adiposo en el organismo. A su vez, es un factor desencadenante de patologías graves, como la diabetes, enfermedades cardiovasculares, hipertensión, trastornos de la función reproductiva en las mujeres, algunos tipos de cáncer y problemas respiratorios. (Bastos, González, Molinero & Salguero, 2005).

Estas patologías están en pleno desarrollo en el mundo; los países desarrollados han registrado en las últimas décadas un incremento significativo en las tasas de obesidad, provocando un conjunto de enfermedades en gran parte de la población (Echávarri, 2017). Y la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021) anunció que existen en el mundo más de un billón de adultos con sobrepeso de los cuales aproximadamente 300 millones padecen obesidad.

Por ello la población objeto de estudio del presente trabajo son las personas sedentarias con sobrepeso u obesidad. Es primordial encontrar nuevas formas de entrenamiento, diferentes metodologías para planificar el ejercicio y evaluación de

cargas de entrenamiento aplicables. Hace muy poco en la literatura, el ejercicio aeróbico había sido la base del entrenamiento prescrito a personas con obesidad. Sin embargo, gracias a estudios de los últimos años, que muestran los beneficios del entrenamiento de la fuerza en personas sedentarias con sobrepeso u obesidad se incluyó en la planeación de ejercicio y hoy en día es muy utilizado (Echávarri, 2017). Por lo anterior el carácter de esta investigación es importante para establecer si el método de entrenamiento controlado por la pérdida de velocidad propulsiva genera cambios en las concentraciones de lactato como un indicador de niveles de fatiga en la muestra objeto de estudio.

3. Marco teórico y estado del arte

3.1 Control de la velocidad de ejecución en ejercicios de fuerza como estrategia de entrenamiento.

El entrenamiento de fuerza ha sido programado habitualmente por la intensidad del ejercicio, la cual es entendida como el grado de esfuerzo que implica el movimiento de una carga frente a un ejercicio en su primera ejecución y como complemento a esto se han utilizado indicadores para dosificar dicha intensidad, habitualmente y mediante porcentajes de una carga submáxima o la carga máxima de un peso, encontramos los indicadores de repetición máxima (1RM) y el número de repeticiones máximas que se pueden ejecutar con cierta carga (nRM) (González-Badillo & Ribas, 2002; Kraemer & Ratamess, 2004; Bird, S., Tarpenning, K., & Marino, F., 2005). Algunos autores han indicado que ejecutar los ejercicios de forma lenta en cada repetición aumenta la intensidad del entrenamiento de fuerza, y esta afirmación se basa en el argumento que, a menor velocidad en cada repetición aumenta el tiempo en tensión del ejercicio, por lo cual se produce una sensación de fatiga y un aumento de la masa muscular debido al alto riego sanguíneo en los músculos (Westcott, W., Winett, R., Anderson, E., Wojcik, J., Loud, R., Cleggett, E., & Glover, S., 2001; Mazzetti, S., Douglass, M., Yocum, A., & Harber, M., 2007; Buitrago, S., Wirtz, N., Yue, Z., Kleinoder, H., & Mester, J., 2012)

La velocidad de ejecución en los ejercicios de fuerza como variable estratégica para medir la intensidad y la carga del entrenamiento ha sido una de las variables menos estudiadas (Bird, et al., 2005; Pareja-Blanco, et al., 2014; Pereira & Gomes, 2003) Entrenar la fuerza basándose en la velocidad de los movimientos es un método relativamente nuevo y considerado uno de los mejores indicadores para identificar si la carga seleccionada en el ejercicio es la adecuada con el fin de informar de manera precisa y objetiva la intensidad relativa, el nivel de esfuerzo y el efecto del entrenamiento, es importante tener el conocimiento de esta información para tomar decisiones racionales en la mejoría de la metodología del entrenamiento (González-Badillo J, Sánchez-Medina L, Ribas-Serna J, Rodríguez-Rosell D, 2022) continuando con la investigaciones para determinar la intensidad en el entrenamiento de fuerza, diferentes estudios hallaron una estrecha relación entre la velocidad de movimiento y la alta precisión que tiene para medir el porcentaje de 1RM frente a una carga de peso determinada presentando correlaciones prácticamente lineales (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010; Sánchez-

Medina, et al., 2014; Sánchez-Medina, et al., 2017) es por esto que se considera el uso de la velocidad de movimiento en los ejercicios de fuerza como un indicador de la intensidad capaz de solucionar algunos de los inconvenientes que tiene el uso de los test de 1RM y nRM (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010)

3.2 Pérdida de velocidad de propulsión y niveles de lactato en sangre relacionados con la fatiga y la respuesta neuromuscular en los entrenamientos de fuerza.

La fatiga se considera como la incapacidad momentánea para generar fuerza (Grassi, Rossiter & Zoladz, 2015), es la observación de una disminución transitoria inducida por el ejercicio en la capacidad de generar fuerza muscular. Esta disminución de la fuerza se acompaña de un aumento en el esfuerzo hasta que no se puede terminar la tarea. Puesto que la velocidad disminuye involuntariamente a medida que se desarrolla la fatiga (Sánchez-Medina, L., & González-Badillo, J. J., 2011). La fatiga muscular aguda puede ser definida como la incapacidad para seguir generando un nivel de fuerza o una intensidad de ejercicio determinada (Gómez-Campos, R.; Cossio-Bolaños, M.; Brousett-Minaya, M. & Hochmuller-Fogaca R., 2010). También hay mucho debate al respecto a su etiología, pero como se observa todas coinciden en un aspecto: Incapacidad de generar fuerza.

Por otra parte, existe un reducido número de investigaciones que han comparado por medio del uso de la velocidad las respuestas mecánicas y hormonales; sin embargo, han mostrado que a mayor porcentaje en la pérdida de velocidad de ejecución independientemente del peso utilizado se evidencia una mayor producción de lactato en sangre (Buitrago, et al., 2012; González-Badillo, J., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E., & Pareja-Blanco, F., 2014; Pareja-Blanco, et al., 2014) en otros estudios relacionados, los hallazgos han demostrado que realizar repeticiones con pérdidas mayores al 30% de la velocidad de ejecución son capaces de producir una disminución notable en el rendimiento a causa de la fatiga muscular y el aumento notorio de la producción de lactato en

sangre (Sánchez-Medina & González-Badillo, 2011; Pareja-Blanco, 2016; Najera-Ferrer, et al., 2021)

En la actualidad se sigue usando el marcador de lactato en sangre correlacionado con el grado de fatiga considerando el índice de esfuerzo (IE) como variable novedosa en los protocolos de entrenamiento de fuerza, el IE definido principalmente como el producto de la velocidad media propulsiva en la primera repetición y el porcentaje de pérdida de velocidad media de la sesión (Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J., Torres-Torrelo, J., Mora-Custodio, R., Marques, M., & González-Badillo, J., 2018; Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J., Mora-Custodio, R., Torres-Torrelo, J., Ribas-Serna, J., & González-Badillo, J., 2020) en ambos estudios se usó el IE como factor del grado de fatiga inducida en los protocolos de ejercicio de fuerza, se utilizaron cargas relativas de (50, 60, 70 y 80% de 1RM para calcular este se utilizaron el método directo que consiste en añadir un incremento de peso a la carga hasta que el sujeto no pueda movilizar la carga o realizar la técnica correctamente) y un volumen de pérdida de velocidad de (10, 20, 30 y 45%) para el ejercicio de sentadilla completa, usaron una muestra de sangre capilar del lóbulo de la oreja para la concentración de lactato se utilizó como indicador de estrés metabólico inducido y se midió antes y después de cada protocolo, como resultado principal el índice de esfuerzo encontrado presentó una relación muy fuerte con los niveles de concentración de lactato post ejercicio ($r= 0,91$) en ambos estudios, de esta manera las correlaciones entre este índice de esfuerzo relacionado con la velocidad de movimiento y los indicadores metabólicos de fatiga permitieron obtener más información para cuantificar el nivel real de esfuerzo durante los ejercicios de fuerza.

3.3 Entrenamiento de fuerza en personas obesas, alteraciones bioquímicas en los estados de obesidad

La obesidad ha sido llamada la enfermedad del siglo XXI debido a los altos índices de incidencia sobre la población mundial, y está asociada a múltiples patologías cardiovasculares y metabólicas, disminuyendo la calidad de vida de los individuos y

generando fuerte impacto económico sobre las instituciones de salud y los gobiernos (Roldán, E., & Rendón S., 2013). Según la organización mundial de la salud (OMS, 2021) la mayoría de la población mundial vive en países donde el sobrepeso y la obesidad se cobran más vidas de personas que la insuficiencia ponderal que es bajo peso para la edad en los niños y el índice de masa corporal (IMC) $< 18,5$ en los adultos, en 2016, el 39% de las personas adultas de 18 o más años tenían sobrepeso, y el 13% eran obesas. Si bien el sobrepeso y la obesidad se consideraban antes un problema propio de los países de ingresos altos, actualmente ambos trastornos aumentan en los países de ingresos bajos y medianos, en particular en los entornos urbanos.

En el estudio de Abarca-Gomez, et al., (2016) donde se define el sobrepeso y la obesidad como una acumulación anormal o excesiva de grasa que supone un riesgo para la salud también se reporta la prevalencia del sobrepeso y la obesidad a nivel regional que afectan a más del 62,5% de la población adulta. Una forma simple de medir la obesidad es el índice de masa corporal (IMC) que relaciona el peso del individuo con su talla, se calcula dividiendo el peso de una persona en kilogramos por el cuadrado de la talla en metros. En el caso de los adultos, una persona con un IMC igual o superior a 25 kg/m^2 es considerada con sobrepeso y con un IMC igual o superior a 30 Kg/m^2 es considerada obesa (Salas-Salvadó, J., Rubio, M., Barbany, M. & Moreno, B., 2007).

Aunque el IMC no es un buen indicador de adiposidad en individuos musculosos como deportistas, ni en ancianos, es el índice utilizado por la mayoría de los estudios epidemiológicos y el recomendado por diferentes sociedades médicas y organizaciones de salud internacionales, este si guarda una estrecha correlación con los valores de grasa corporal, hiperlipidemia, hipertensión arterial y riesgo de enfermedades cardiacas asociadas a obesidad en adultos sedentarios (Salas-Salvadó, J., Rubio, M.A., Barbany, M., Moreno, B., 2007). El hecho de no diferenciar la masa magra de la grasa o los depósitos de adiposidad subestima la importancia de estos tejidos para la salud general. Por lo tanto, el entrenamiento de fuerza es

una opción efectiva para los programas de múltiples componentes que junto con la restricción calórica y el ejercicio aeróbico buscan la pérdida de grasa y peso mientras se conserva la masa muscular en personas con sobrepeso u obesidad (López, P., Taaffe, D., Galvão, D., et al., 2022).

La falta de ejercicio a corto plazo se asocia con cambios metabólicos, como disminución de la sensibilidad a la insulina, disminución del metabolismo de los lípidos posprandiales, disminución de la masa muscular y acumulación de tejido adiposo visceral. (Krogh-Madsen, R., Thyfault, J., Broholm, C., Mortensen, O., Olsen, R., Mounier, R., Plomgaard, P., van Hall, G., Booth, F., & Pedersen, B., 2010; Olsen, R., Krogh-Madsen, R., Thomsen, C., Booth, F., & Pedersen, B., 2008) dejando en consecuencia, la activación de una red de vías inflamatorias que promueven el desarrollo de resistencia a la insulina, aterosclerosis, neurodegeneración y crecimiento tumoral, e impulsan el desarrollo de grupos de enfermedades crónicas. (Pedersen, 2009)

El ejercicio afecta el metabolismo y la función de varios órganos. Por lo tanto, los músculos pueden ser una fuente importante de moléculas secretoras con efectos locales o endocrinos. Al identificar el músculo esquelético como un órgano secretor, nació un nuevo paradigma: los músculos funcionan como hormonas, producen y liberan mioquinas, que tienen efectos endocrinos específicos en órganos distantes. (Pedersen, B. & Febbraio, M., 2012)

Referente al entrenamiento de fuerza en personas con sobrepeso u obesidad y de acuerdo con una primera revisión (Balsalobre-Fernández, C. & Tejero-González, C., 2015) el entrenamiento con cargas ha impedido el aumento de la grasa corporal además de reducir el porcentaje de grasa hasta un 10%; por eso, dicho entrenamiento se considera adecuado para prevenir y/o disminuir el aumento de grasa corporal en personas obesas partiendo de una frecuencia semanal de 2 a 3 sesiones entre 40-45 minutos y con unas cargas superiores al 40% RM. Con relación a esto (López, P., Taaffe, D., Galvão, D., et al., 2022) concluyen que los

programas de ejercicios basados en fuerza son efectivos y deben considerarse como parte de un programa de terapia multicomponente cuando se utiliza la restricción calórica en adultos con sobrepeso u obesidad.

3.4 Lactato como marcador de intensidad de trabajo, lactato y enfermedades.

Fue descubierto por primera vez en la leche agria en 1780 por el farmacéutico sueco Carl Wilhelm Scheele y el médico alemán Johann Joseph Scherer lo identificó en la sangre durante un shock en 1843. El lactato, también conocido como ácido láctico, es un producto intermedio del metabolismo, especialmente del ciclo de los carbohidratos, y producido principalmente por las células musculares, por barrido láctico es vertido al torrente sanguíneo donde es reciclado y almacenado en hígado como energía. (Abril, F., & Burgos, R., 2011).

En estados normales de oxigenación, las mitocondrias generan eficientemente trifosfato de adenosina (ATP) para el metabolismo aeróbico. En este proceso, la glucosa se convierte por glucólisis en piruvato que ingresa al ciclo de Krebs (ácido cítrico) con acetil-coenzima A que actúa como intermediario para liberar la energía química del oxígeno molecular para generar la mayor parte del ATP celular durante la fosforilación oxidativa. Cuando no hay oxígeno suficiente para impulsar el ciclo de Krebs y la fosforilación oxidativa, el piruvato producido por la glucólisis se desvía hacia la producción de lactato por la enzima lactato deshidrogenasa (Pino & Singh, 2021).

El ácido láctico se forma cuando el cuerpo descompone carbohidratos para utilizarlos como energía y por ello se relaciona su concentración con el desempeño del deportista, a menudo utilizado de forma indirecta como fuente de energía, en particular por las fibras musculares lentas y por las fibras cardíacas (Álvarez Romero, J., 2014).

Aunque se creía que el lactato era el principal factor de cansancio y la fatiga muscular en el ejercicio, esto se ha reevaluado por diversos estudios y la perspectiva ha cambiado drásticamente. Por ello, desde hace algunos años se usa el lactato como el mejor indicador bioquímico de la intensidad del ejercicio por su estrecha relación con lo que acontece en el músculo en el momento de hacer ejercicio a diferentes intensidades. Entre los biomarcadores que permiten identificar sobreentrenamiento, el grado de entrenamiento, fatiga y del tipo, la intensidad y la duración del ejercicio, aparte de edad y sexo se encuentra el lactato sanguíneo (Palacios, G., & Pedrero, R., 2015).

Sus ventajas como indicador es que es de fácil disponibilidad, aplicabilidad y economía, en la medida que permite evaluar las diferentes intensidades de las cargas de entrenamiento y de competencia a las que son sometidos los deportistas. Además puede convertirse en una medida cuantitativa y de carácter objetivo en cuanto a la intensidad del esfuerzo realizado, en la medida que refleja los procesos involucrados en el metabolismo muscular (Álvarez Romero, J., 2014).

En estado de reposo, el rango normal de la concentración de lactato en la sangre y en el músculo es de 0,5 a 2,2 mMol/l (4,5 a 19.8mg/dL) Se considera que las concentraciones altas de lactato son >4 mmol/l; esto puede ocurrir en muchas condiciones, incluido el ejercicio de alta intensidad, la hipoxia y el shock (Andersen L., Mackenhauer J., Roberts J., Berg K., Cocchi M. & Donnino M., 2013).

El lactato es el producto de desecho metabólico más conocido y utilizado para evaluar la condición del padecimiento en enfermedades críticas. Tiene un aceptable poder predictivo de morbilidad y mortalidad como medida inicial (signo de alarma) a intervención temprana, ante un contexto de fallo circulatorio es el mejor marcador disponible hasta el momento en el que su disminución se relaciona directamente con menor mortalidad (Vélez J, Montalvo M, Villagómez, Jara F, González, Vélez P, Velarde C & Paredes J., 2017).

Es producido por el músculo esquelético en condiciones anaeróbicas y cuando el oxígeno se encuentra disponible nuevamente esté disminuye, siendo esto las bases

para el entendimiento del significado de los niveles elevados de lactato sanguíneo en los pacientes críticos (Departamento de Medicina Interna, 2016) El lactato se puede acumular debido al aumento de la producción, la disminución de la utilización o ambos. En consecuencia, el lactato en sangre puede estar elevado en una variedad de condiciones no asociadas con la hipoxia tisular (Assuncao, M., Nascente, A., Guedes, C., Mazza, B., Jacki, M., Fernandes, H., & Machado, F., 2007).

Por tanto, la acidosis láctica se clasifica como tipo A cuando se debe a hipoxia tisular o hipoperfusión sistémica y tipo B causada por otros factores. Cualquier estado de shock circulatorio generalizado (hipovolémico, cardiogénico, distributivo, obstructivo) puede causar una disminución de la perfusión de los tejidos que conducirá a hipoxia tisular y acidosis láctica tipo A. La acidosis láctica tipo B ocurre en ausencia de evidencia de suministro inadecuado de oxígeno a los tejidos. El lactato elevado debido a la falta de depuración se puede observar en la disfunción hepática y renal, pero será más pronunciado con la cirrosis y la enfermedad hepática en etapa terminal, ya que el hígado es el sitio principal de la gluconeogénesis (Pino, R. M., & Singh, J., 2021)

Otros estados patológicos también contribuyen a la acidosis láctica, según dónde intervengan en la cascada metabólica celular. El alcohol deshidrogenasa produce nicotinamida adenina dinucleótido en intoxicaciones con etanol, metanol y propilenglicol. Una relación NADH/NAD aumentada acelera el metabolismo de piruvato a lactato. Además, el aclaramiento de lactato depende principalmente de la conversión de piruvato en acetil-CoA, la gluconeogénesis y la absorción de piruvato por el hígado y los riñones. Esta conversión de piruvato a acetil-CoA requiere la enzima piruvato deshidrogenasa y la coenzima tiamina. Por lo tanto, el alcoholismo crónico y la desnutrición asociada también pueden reducir la utilización de ácido láctico debido a la ingesta inadecuada de vitaminas hidrosolubles como la tiamina y la biotina. Teóricamente, tanto el metabolismo del etanol como la deficiencia de tiamina tienden a promover la producción de lactato y, posteriormente, la acidosis

láctica grave en pacientes con abuso agudo o crónico de alcohol. (Yang, C., Chan, K., Tseng, K., & Weng, S., 2016).

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

- Determinar la relación entre la pérdida de la velocidad propulsiva y los niveles de lactato como indicador de fatiga en ejercicios de fuerza en personas sedentarias con sobrepeso u obesidad

4.2 Objetivos específicos

- Establecer el perfil de fuerza de la muestra objeto de estudio.
- Determinar el comportamiento de los niveles de lactato en cada protocolo de esfuerzo y la relación con la pérdida de velocidad propulsiva como indicadores de fatiga en la población objeto de estudio.
- Describir los valores de pérdida de la velocidad propulsiva en los protocolos de fuerza en sujetos jóvenes con sobrepeso y obesidad.

5. Metodología

5.1 Diseño

De acuerdo a las características de los datos del presente estudio se realizó una investigación desde un enfoque cuantitativo, de alcance descriptivo y de carácter fundamentalmente transversal, ya que analizamos la relación entre los datos de manera sincrónica, en un momento determinado. (Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P., 2014).

5.2 Muestra

La muestra objeto de estudio estuvo compuesta por diez personas de las cuales cinco fueron hombres y cinco mujeres estudiantes de la universidad del valle entre los 19 y 33 años de edad, aparentemente sanos según historia clínica simplificada. Las personas que participaron en el estudio fueron seleccionadas por medio de convocatoria pública.

5.2.1 Reclutamiento de los participantes

La metodología utilizada fue reclutamiento por medio de anuncios en zonas estratégicas de la universidad del valle - sede meléndez realizados por el grupo de investigadores del grupo GRINDER.

5.2.2 Criterios de selección

- Hombres y mujeres
- Edad entre 18 y 45 años
- Residentes en el área urbana de Cali Colombia.
- Clasificación físicamente inactivo/sedentario, estimado con el cuestionario IPAQ (Barrera, R., 2017; Organización mundial de la salud, 2021).
- Tener un IMC entre 25 y 35 kg/m² o tener un perímetro abdominal ≥ 80 cm para mujeres y ≥ 90 cm para hombres.
- Firma de consentimiento y aceptación para participar voluntariamente en la intervención.

5.2.3 Criterios de Exclusión

- Presentar alguno de los siguientes diagnósticos valorados en la encuesta simplificada de antecedentes personales: asma o bronquitis; infecciones sistémicas; antecedentes de problemas renales; enfermedad osteomuscular que impida realizar las jornadas de ejercicio supervisado; enfermedad cardiovascular como hipertensión o anomalías congénitas y presencia de diabetes mellitus tipo I o II, hipo-hipertiroidismo; tabaquismo; consumo crónico de anti-inflamatorios no esteroideos (AINES), esteroides orales, antecedentes de enfermedad hepática o cáncer.

5.3 Definición de las variables y recolección de la información

Tabla 1.

Descripción de las variables

Variable	Definición	Unidad	Tipo	Escala de medición
Edad	Tiempo que ha vivido una persona desde su nacimiento	Años	Cuantitativa - Continua	Discreta
Sexo	Condición orgánica, masculina o femenina	Masculino Femenino	Cualitativa	Nominal dicotómica
Talla	Estatura de un individuo medida desde los pies hasta la coronilla	Centímetros	Cuantitativa - Continua	Razón
Peso	Masa de un cuerpo	Kilogramos	Cuantitativa - Continua	Razón
Perímetro de cintura	Medición de la distancia alrededor del abdomen en un punto específico	Centímetros	Cuantitativa - Continua	Razón
Índice de masa corporal (IMC)	Peso de una persona en kilogramos dividido por el cuadrado de la estatura en metros	Kg/m ²	Cuantitativa - Continua	Razón
Porcentaje de grasa	Medida que se obtiene al dividir la masa grasa entre la masa total del cuerpo	%	Cuantitativa - Continua	Intervalo
Masa grasa	Totalidad de tejido graso presente en el cuerpo	Kg	Cuantitativa - Continua	Razón
Masa muscular	Volumen que representan los tejidos totales del cuerpo correspondientes al músculo	Kg	Cuantitativa - Continua	Razón
Tasa metabólica basal (TMB)	Cantidad de energía necesaria para mantener los procesos vitales en estado de reposo	Kcal	Cuantitativa - Continua	Razón
Dinamometría derecha	Parámetro que mide la fuerza muscular estática máxima del miembro superior derecho	Kg	Cuantitativa - Continua	Razón
Dinamometría izquierda	Parámetro que mide la fuerza muscular estática máxima del miembro superior izquierdo	Kg	Cuantitativa - Continua	Razón
Glucosa	El principal azúcar que contiene la sangre y principal fuente de energía de las células corporales	mmol/L	Cuantitativa - Continua	Razón
Lactato	Metabolito de la glucosa producido por los tejidos corporales en condiciones de insuficiencia de oxígeno	mmol/L	Cuantitativa - Continua	Razón
Frecuencia cardíaca (FC)	Número de veces que el corazón late por un determinado tiempo	ppm	Cuantitativa - Continua	Razón
Velocidad media propulsiva (VMP)	Promedio del componente idóneo para el cálculo de la intensidad en el entrenamiento de la fuerza medida por la velocidad propulsiva	m.s ⁻¹	Cuantitativa - Continua	Intervalo
Repeticiones	Cantidad de veces seguidas que alcanza una persona a realizar un movimiento	Cantidad	Cuantitativa - Continua	Discreta

5.4 Aspectos éticos.

En el presente trabajo de investigación los participantes ingresaron de manera voluntaria, donde también fueron informados de todas las actividades que se iban a

efectuar en el estudio, por medio del diligenciamiento del consentimiento informado se aseguró su participación y se respetó la decisión de las personas que no deseaban ingresar a la intervención.

El estudio cumplió con los principios de la declaración de Helsinki, de esta manera se priorizó la protección de la vida, la dignidad y la integridad de las personas que desearon participar, también bajo el marco normativo de la resolución 08430 y 2378 de 2008 del Ministerio de Salud de Colombia, garantizando las buenas prácticas clínicas, como también la protección de los derechos de los colombianos en las investigaciones clínicas, para tal efecto se contó con el aval de la Universidad del Valle -Comité de ética en humanos- con el código (018-020 CIREH), quienes velaron por el cumplimiento de los aspectos éticos y de protección de la privacidad de los participantes. Para garantizar en el presente estudio el respeto al derecho a la autonomía, beneficencia, no maleficencia e intimidad se procedió con la creación de códigos de identificación (id) para cada participante, que están en los formatos que deben diligenciar como también en los de entrenamiento. La información recolectada en todos los procesos fue almacenada y protegida, solo pueden acceder a los datos los investigadores. El desarrollo de este estudio no generó ningún riesgo adicional implícito para la vida de las personas en investigación.

5.5 Materiales y métodos

Este estudio hizo parte del proyecto ESPARTA, y se llevó a cabo con el apoyo de estudiantes y egresados universitarios del grupo de estudio GRINDER que fueron invitados. A cada participante se le informó previamente sobre el propósito del estudio, los procedimientos e intervenciones que se realizaron en el laboratorio de fisiología del ejercicio del Departamento de Educación Física y Deporte del Edificio D4, Ciudad Universitaria de Meléndez, Universidad del Valle, Cali-Colombia.

Posteriormente se citó al sujeto de estudio a las 6:30 am en ayunas, con ropa cómoda y con la recomendación de evitar ejercicio intenso el día previo. Se le explicó al sujeto que ejercicio intenso es toda aquella actividad que requiere un gran

esfuerzo, provoca respiración agitada y un aumento considerable de la frecuencia cardiaca. Al llegar se le hizo descansar 10 minutos en una camilla, en el cual firmó el consentimiento informado, se aplicó una encuesta de salud que permitió verificar los criterios de selección, además, se le hizo una verificación de historia clínica del participante para revisar exámenes previos o antecedentes personales, familiares, farmacológicos, toxicológicos, por conductas y estilo de vida que lleva a diario que pueda influir en desempeño del participante en el programa de fuerza. Además se realizó un examen físico que incluyó medidas antropométricas.

Medición antropométrica, clínica y marcadores de adiposidad-obesidad

- **Talla:** se registró en estiramiento con estadiómetro Portátil (SECA 206®; Hamburgo Alemania) (rango 0 – 220 cm) de 1 mm de precisión.
- **Peso:** se midió en balanza de piso con el analizador de composición corporal (SECA 514; Hamburgo Alemania). Con estas variables se calculará el IMC en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$, teniendo en cuenta los límites de corte recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), 1998.
- **Circunferencias:** con cinta métrica plástica con una precisión de 1 mm (Holtain Ltd., Crymych Dyfed, RU) se midió la circunferencia de cintura tomando los referentes anatómicos sugeridos por ISAK.
- **Composición corporal:** se cuantificó la masa grasa (masa corporal- [masa grasa + masa ósea]) mediante la tanita Báscula Tanita TF 310 0,1 Kg. de precisión para el cálculo la masa magra (m), la masa grasa (g), masa ósea (kg), Porcentaje de grasa visceral (5), Índice de entrenabilidad y agua corporal activa (%).

5.5.1 Protocolo de intervención - Día 1 (en la mañana):

Al terminar el tiempo de reposo se le tomó la medición de la presión arterial y frecuencia cardiaca con un tensiómetro Holter ABPM50 en el brazo izquierdo estando en posición de cubito supino en reposo. También una muestra de sangre capilar (5 microlitros, equivalente a 1 gota de sangre) tomada del dedo, para conocer

sus niveles de lactato y glucosa en reposo, se llevó a cabo por un profesional de la salud. Para las medidas de lactato en sangre, se utilizó un analizador de lactato Lactate Pro 2 y para las medidas de glucemia preprandial, se utilizó un glucómetro Glucoquick G30a.

Tomadas las mediciones basales se le administró un líquido que contenía 75 gramos de glucosa, esta ingesta se hizo con el objetivo de analizar la capacidad del organismo de los pacientes para la metabolización de la glucosa, que es la principal fuente de energía (Curva de glucosa). Se mantuvo al paciente en reposo durante 60 minutos para medir nuevamente la presión arterial, frecuencia cardiaca y una muestra de sangre. Se procedió al ejercicio, iniciando con un calentamiento enfocado en miembros inferiores el cual consistió en 5 minutos en la bicicleta estática, 10 sentadillas, 10 estocadas por cada pierna, 30 segundos de skipping bajo y 10 sentadillas hindúes (pies juntos), después se hizo la cuantificación de la carga.

Cuantificación de la carga de Fuerza

Se hizo la cuantificación de la 1RM para determinar la carga con la que debe trabajar cada sujeto de manera individual, en los ejercicios propuestos: prensa de pierna con máquina. La carga se ajustó individualmente iniciando con pesos mínimos o sin peso e incrementando (de 2.5- 10 kg) hasta hallar la repetición con peso máximo 1RM, esto con el objetivo de comparar las cargas con respecto al método de fuerza por velocidad. Después de un descanso de 15 minutos se realizó el máximo número de repeticiones con el 40% del RM hasta una pérdida igual al 20% de la velocidad. Se dieron unos minutos de descanso al sujeto, en el cual se extrajo una muestra de sangre del dedo en el minuto 1 y en el minuto 3 con el objetivo de tomar una muestra de lactato y glucosa, realizada la muestra del minuto 3 el sujeto reinició el ejercicio. Se le estuvo monitoreando en todo momento, la velocidad media propulsiva VMP de cada movimiento y la pérdida de velocidad. El protocolo terminó cuando el sujeto alcanzó una pérdida igual o superior al 20% de la velocidad. Se realizó 3 veces este

proceso de máximo número de repeticiones con el 40% del RM y toma de muestras sanguíneas

- **Muestras sanguíneas:** Se tomaron muestras sanguíneas capilares del pulpejo del dedo índice o pulgar (cantidad 5 microlitros) usando el lactómetro Lactate Pro-2.
- **Control de la velocidad de ejecución:** Se registró la velocidad del movimiento de todas las repeticiones en los diferentes protocolos de esfuerzo mediante un transductor lineal de velocidad (T-FORCE Dynamic Measurement System²) el cual realiza una medición directa de la velocidad de desplazamiento a la que se extiende o retrae el cable de 2 m que tiene incorporado.

5.5.2 Protocolo de control - Día 2 (en la mañana):

Pasado una semana después del protocolo de control - día 1, con base a la disponibilidad de tiempo del participante, se le citó a una segunda reunión en el mismo horario y condiciones. En este día, después de la llegada al laboratorio se tomaron las mediciones basales de presión arterial, frecuencia cardíaca, muestra de sangre capilar (5 microlitros, equivalente a 1 gota de sangre). Inmediatamente se le administraron 75 gr de glucosa líquida. El sujeto guardó una hora de reposo y se tomaron nuevamente las mediciones de presión arterial, frecuencia cardíaca y muestra de sangre capilar. Se procedió a un calentamiento enfocado en miembros inferiores y la cuantificación de la carga del segundo día.

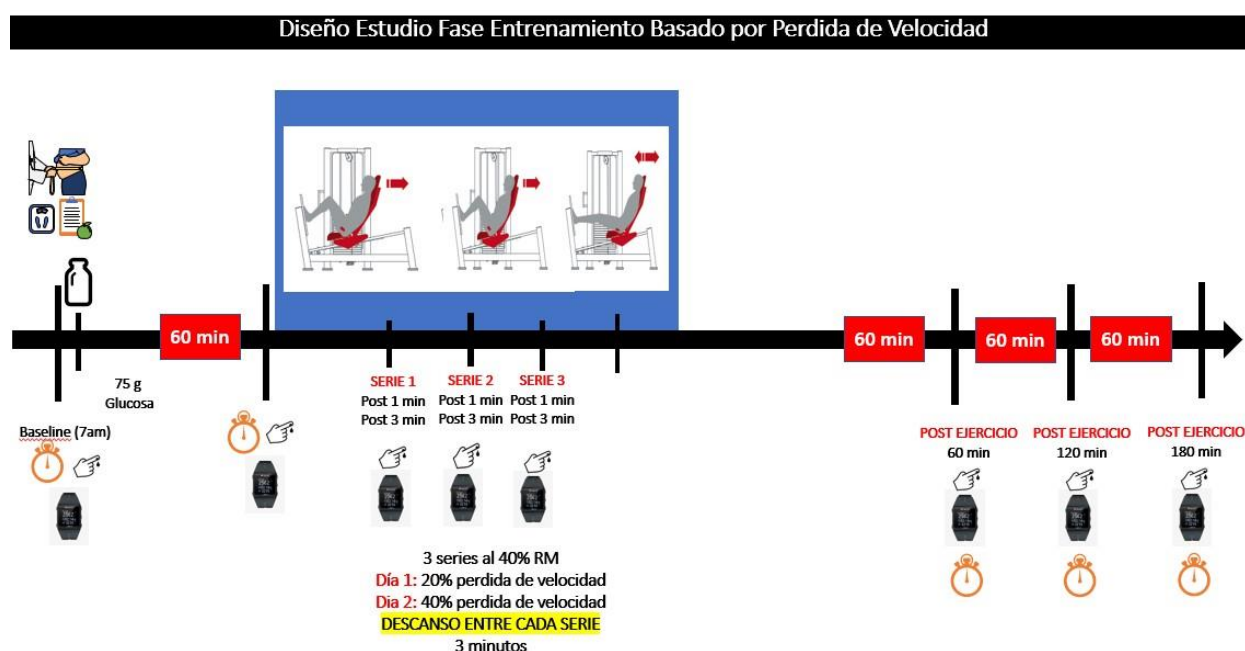
Posteriormente, se ejecutó el protocolo de fuerza en el ejercicio de prensa con máquina. Se realizó el máximo número de repeticiones con el 40% del RM hasta una pérdida igual o superior al 40% de la velocidad. Para nuevamente extraer sangre capilar con el lactómetro en el minuto uno y tres inmediatamente después de cada serie. Se estuvo monitoreando en todo momento, la velocidad media

propulsiva VMP de cada movimiento y la pérdida de velocidad. El protocolo terminó cuando el paciente alcanzó una pérdida igual al 40% de la velocidad

En la siguiente gráfica se resume la metodología para la evaluación del entrenamiento basado por pérdida de velocidad en los protocolos establecidos para el estudio.

Gráfica 1.

Metodología para la realización del estudio.



5.6 Control de sesgos

Control de los instrumentos de medición

Cada uno de los instrumentos que se utilizaran miden directamente las variables del estudio de investigación, esto garantiza su validez con referencia a los objetivos del

mismo, los instrumentos descritos han sido utilizados anteriormente en trabajos científico que demuestran su precisión (Sánchez-Medina & González-Badillo, 2011)

La ejecución correcta y el cumplimiento de los protocolos de esfuerzo

Este aspecto se controla en el momento de realización de las pruebas en cada una de las sesiones programadas, todos los protocolos de esfuerzo que componen este estudio se llevarán a cabo bajo la atenta supervisión del equipo de investigadores.

Situaciones ambientales de la sesión de trabajo

Las variables situacionales se controlarán dentro de cada sesión programada manteniendo la evaluación en las mismas condiciones, como la ausencia de ejercicio físico previo a las pruebas, un periodo de descanso nocturno entre 6 y 8 horas, una dieta similar antes de las sesiones, misma hora del día más o menos una hora de diferencia.

5.7 Análisis de la información

Con los datos recolectados en el laboratorio se realizó el respectivo análisis descriptivo con el fin de organizar la información y extraer de esta por medios visuales las características más relevantes que dieran respuesta a las preguntas planteadas inicialmente en los objetivos. La recolección de información fue tabulada utilizando excel y debido al tamaño de la muestra y según la cantidad de datos no es posible asumir normalidad en estos ni ajustar a una prueba t student, por lo que se optó por realizar análisis no paramétrico descriptivo (mediana, $\pm$, rango intercuartil) y comparación de medianas utilizando la prueba de Wilcoxon la cual, es un ajuste al t test en el cual se logró ajustar los datos obtenidos por el experimento realizado en laboratorio. Todos los análisis se hicieron con un $p < 0,050$ utilizando el programa R-Studio.

6. Resultados

6.1. Análisis descriptivo.

Inicialmente se realizó un análisis descriptivo el cual permitió organizar y extraer los aspectos más relevantes de la información recolectada. El estudio se realizó con diez participantes previamente seleccionados los cuales, cumplían con los requisitos mínimos exigidos. A continuación se presentan las tablas con los respectivos análisis descriptivos de las características de la población y las variables de cada protocolo, posterior a esto se graficaron el comportamiento del lactato entre cada serie y el porcentaje de pérdida de velocidad logrando presentar el comportamiento de las variables y su respectiva comparación.

En la tabla 2 se muestran las características de los participantes, señalados en negrilla se encuentran los valores p que indican que existe diferencia significativa entre los valores de ambos sexos. Las variables entre las que se encuentran estas diferencias significativas son talla, perímetro de cintura, porcentaje de grasa, masa muscular, tasa metabólica basal y dinamometría derecha.

Tabla 2.

Características antropométricas de los participantes

Características	Masculino (n = 5)	Femenino (n = 5)	Valor p
<i>Edad (años)</i>	24,4 (5,1)	21,4 (1,8)	0,249
<i>Talla (cm)</i>	179,1 (5,7)	164,4 (6,7)	0,005
<i>Peso (kg)</i>	93,8 (6,8)	80 (11,9)	0,055
<i>P. Cint. (cm)</i>	95,7 (5,6)	85,4 (4,7)	0,013
<i>IMC (kg/m²)</i>	29,3 (2,7)	29,6 (3,5)	0,914
<i>Grasa (%)</i>	25,8 (6,6)	38 (6,0)	0,016
<i>Masa grasa (kg)</i>	24,4 (7,2)	31 (8,7)	0,228
<i>Masa muscular (kg)</i>	71 (70,0 - 71,8)	48 (45,4 - 52,4)	0,008
<i>TMB (kcal)</i>	2091 (115,8)	1687,6 (82,6)	0,000
<i>Din. Der (kg)</i>	41,4 (4,5)	28,2 (4,4)	0,002
<i>Din. Izq. (kg)</i>	36,4 (35,3 - 37,1)	24,1 (23,6 - 26,1)	0,222

Datos presentados en Mediana y rango intercuartílico [Me(P25 - P75)]

En este estudio participaron un total de 10 personas, 5 hombres y 5 mujeres, con las siguientes características para el sexo masculino; una edad promedio de $24,4 \pm 5,1$ años, un peso de $93,8 \pm 6,8$ kg, una estatura de $179 \pm 5,7$ centímetros, un índice de masa corporal (IMC) $29,3 \pm (2,7)$ kg/m², un porcentaje de grasa de $25,8 \pm 6,66$, un perímetro de cintura de $95,7 \pm 5,6$ cm, una masa grasa de $24,4 \pm 7,2$ kg, una masa muscular de $71 \pm (70,0-71,8)$ kg, una tasa metabólica basal de $2091 \pm 115,8$ kcal, una dinamometría derecha de $41,4 \pm 4,5$ kg y una dinamometría izquierda de $36,4 \pm (35,3-37,1)$ kg.

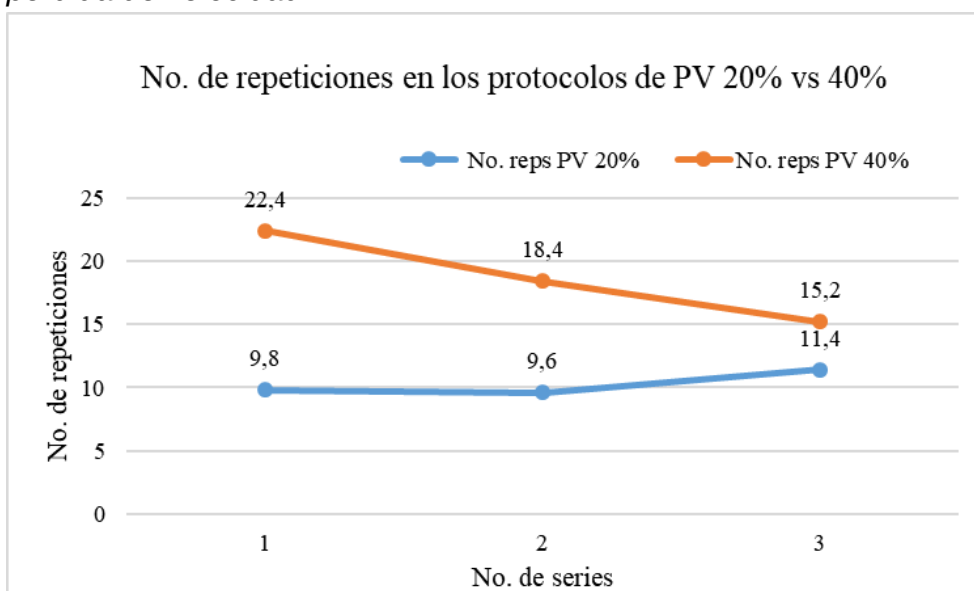
Mientras que para el sexo femenino tenemos una edad promedio de $21,4 \pm 1,8$ años, un peso de $80 \pm 11,9$ kg, estatura $164,4 \pm 6,7$ centímetros, un índice de masa corporal (IMC) $29,6 \pm (3,5)$ kg/m², un porcentaje de grasa de $38 \pm 6,0$, un perímetro de cintura de $85,4 \pm 4,7$ cm, una masa grasa de $31 \pm 8,7$ kg, una masa muscular de $48 \pm (45,4-52,4)$ cm, una tasa metabólica basal de $1687,6 \pm 82,6$ kcal, una dinamometría derecha de $28,2 \pm 4,4$ kg y una dinamometría izquierda de $24,1 \pm (23,6 -26,1)$ kg como se presenta en la tabla 2. Por otra parte, se evidencia que las mujeres tienen un mayor porcentaje de grasa respecto a los hombres. Respecto a

la dinamometría medida en los estudiantes se evidencia que los hombres obtuvieron un valor más alto en ambas manos.

Para el análisis descriptivo de las variables de cada protocolo de esfuerzo se presentan las tablas 3 y 4 con los respectivos datos de cada serie y las muestras de lactato y frecuencia cardiaca en los minutos 1 y 3 posteriores al esfuerzo realizado.

Gráfica 2.

N° de repeticiones en los protocolos al 20% de pérdida de velocidad vs el 40% de pérdida de velocidad



Gráfica 3.

Frecuencia cardiaca en el minuto 1 y en el minuto 3 en cada protocolo de pérdida de velocidad

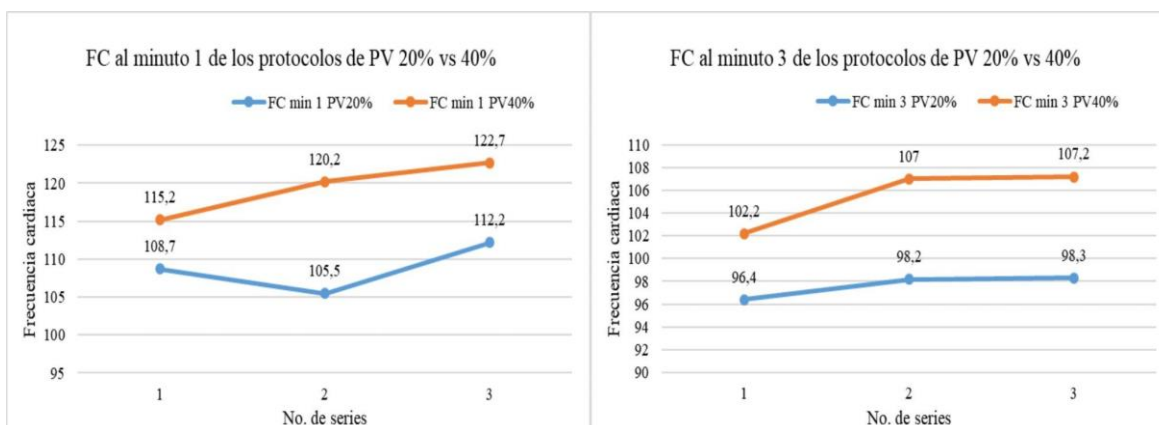


Tabla 3.

Análisis descriptivo de las variables en el protocolo de esfuerzo con PV 20%

Protocolo de esfuerzo PV 20%						
	No. reps	VMP m/s-1	Lactato min 1 (mmol/L)	FC min 1 (ppm)	Lactato min 3 (mmol/L)	FC min 3 (ppm)
Serie 1	9,8 (5,0)	1,08	6,2 (5,2 - 9,1)	108,7 (18,0)	6,5 (4,3 - 8,4)	96,4 (15,8)
Serie 2	9,6 (3,7)	1,10	7,9 (6,9 - 13,0)	105,5 (15,6)	6,4 (5,7 - 8,3)	98,2 (14,8)
serie 3	11,4 (3,7)	1,15	7,6 (7,0 - 9,5)	112,2 (12,8)	7,9 (7,4 - 9,2)	98,3 (12,3)

VMP: Velocidad media propulsiva; FC: Frecuencia cardiaca

Datos presentados en Mediana y rango intercuartílico [Me(P25 - P75)]

Como se puede observar en la tabla 3, en la serie 1 se observa un promedio de $9,8 \pm 5,0$ repeticiones con una VMP de 1,08 m/s-1, para la cual en el minuto 1 se presentaron valores de lactato de 6,2 en rangos de (5,2 - 9,1) mmol/L con una FC media de $108,7 \pm (18,0)$ ppm, en el minuto 3 se presentó un lactato de 6,5 en rangos de (4,3 - 8,4) mmol/L con una FC media de $96,4 \pm (15,8)$ ppm. En la serie 2 se observa un promedio de $9,6 \pm 3,7$ repeticiones con una VMP de 1,10 m/s-1, donde en el minuto 1 se presentan valores de lactato de 7,9 en rangos de (6,9 - 13,0) mmol/L y una FC de $105 \pm (15,6)$ ppm, en el minuto 3 se presentaron valores de lactato de 6,4 en rangos de (5,7 - 8,3) mmol/L y una FC media de $98,2 \pm 14,8$ ppm. Por último en la serie 3 se observa un promedio de $11,4 \pm 3,7$ repeticiones con una VMP de 1,15 m/s-1, para la cual en el minuto 1 se se registraron valores de lactato de 7,6 en rangos de (7,0 - 9,5) mmol/L y una FC media de $112,2 \pm 12,8$ ppm y en el minuto 3 valores de lactato de $7,9 \pm (4,4 - 9,2)$ mmol/L con una FC media de $98,3 \pm 12,3$ ppm.

Continuando con el análisis de los resultados, en la tabla 4 se describen los valores encontrados de las variables en el protocolo de esfuerzo de PV del 40%, donde se observa un aumento de la fatiga mecánica mediante el número de repeticiones registradas ya que van disminuyendo entre cada serie, en cuanto a la fatiga metabólica se ve un aumento en todos los valores de lactato y frecuencia cardiaca comparados con el protocolo de esfuerzo de PV de 20%

Tabla 4.

Análisis descriptivo de las variables en el protocolo de esfuerzo con PV 40%

Protocolo de esfuerzo PV 40%						
	No. reps	VMP m/s-1	Lactato min 1 (mmol/L)	FC min 1 (ppm)	Lactato min 3 (mmol/L)	FC min 3 (ppm)
<i>Serie 1</i>	22,4 (9,8)	1,02	8,5 (6,6 - 12,7)	115,2 (17,8)	10,8 (8,4 - 11,2)	102,2 (15,9)
<i>Serie 2</i>	18,4 (9,2)	1,03	10,6 (9,7 - 12,3)	120,2 (21,5)	12,1 (11,2 - 13,4)	107,0 (14,9)
<i>serie 3</i>	15,2 (7,4)	0,96	12,9 (10,2 - 19,9)	122,7 (21,3)	12,1 (11,2 - 13,4)	107,2 (13,8)

VMP: Velocidad media propulsiva; FC: Frecuencia cardiaca

Datos presentados en Mediana y rango intercuartílico [Me(P25 - P75)]

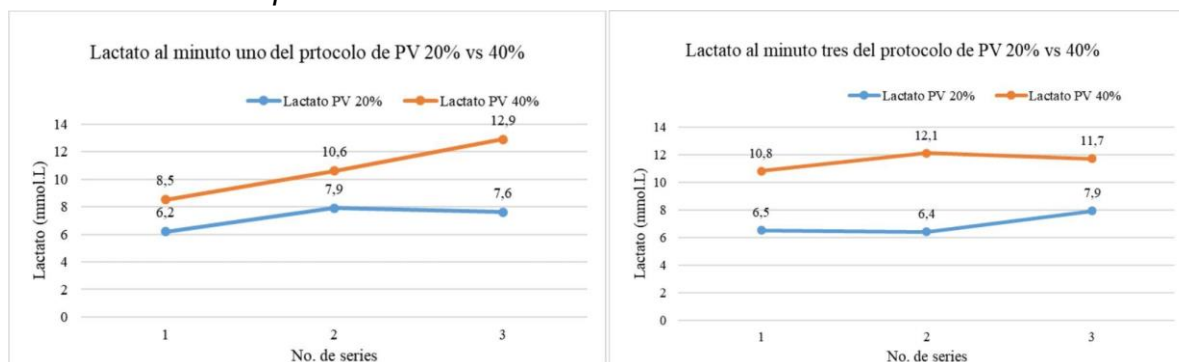
En la serie 1 se observa un promedio de $22,4 \pm 9,8$ repeticiones con una VMP de 1,02 m/s-1, para la cual en el minuto 1 se presentaron valores de lactato de 8,5 en rangos de (6,6 - 12,7) mmol/L con una FC media de $115,2 \pm (17,8)$ ppm, en el minuto 3 se presentó un lactato de 10,8 en rangos de (8,4 - 11,2) mmol/L con una FC media de $102,2 \pm (15,9)$ ppm. En la serie 2 se observa un promedio de $18,4 \pm 9,2$ repeticiones con una VMP de 1,03 m/s-1, donde en el minuto 1 se presentan valores de lactato de 10,6 en rangos de (9,7 - 12,3) mmol/L y una FC de $120,2 \pm (21,5)$ ppm, en el minuto 3 se presentaron valores de lactato de 12,1 en rangos de (11,2 - 13,4) mmol/L y una FC media de $107 \pm 14,9$ ppm. Por último en la serie 3 se observa un promedio de $15,2 \pm 7,4$ repeticiones con una VMP de 0,96 m/s-1, para la cual en el minuto 1 se se registraron valores de lactato de 12,9 en rangos de (10,2 - 19,9) mmol/L y una FC media de $122,7 \pm 21,3$ ppm y en el minuto 3 valores de lactato de $12,1 \pm (11,2 - 13,4)$ mmol/L con una FC media de $107,2 \pm 13,8$ ppm.

En la gráfica 4 se observa el comportamiento del lactato al minuto 1 comparando el protocolo al 20% de pérdida de velocidad vs el 40% de pérdida de velocidad. Como se evidencia en la gráfica en el protocolo de esfuerzo al 20% de pérdida de velocidad en la serie 1 el Valor del lactato se mantuvo a 6,2 mmol/L, en la serie dos aumentó un poco a 7,9 mmol/L. Para la serie número 3 disminuyó a 7,6 mmol/L. Mientras que con el protocolo de esfuerzo al 40% de pérdida de velocidad se

muestra que en la serie 1 el lactato se mantuvo a 8,5 mmol/L, en la serie dos aumentó a 10,6 mmol/L y para la serie número 3 aumentó a un valor de 12,9 mmol/L

Gráfica 4.

Comportamiento del lactato al minuto 1 y al minuto 3 comparando el protocolo al 20% vs el 40% de pérdida de velocidad



También se puede evidenciar el comportamiento del lactato al minuto 3 comparando el protocolo al 20% de pérdida de velocidad vs el 40% de pérdida de velocidad. Como se evidencia en la gráfica en el protocolo de esfuerzo al 20% de pérdida de velocidad en la serie 1 el Valor del lactato se mantuvo a 6,5 mmol/L, en la serie dos disminuyó un poco a 6,4 mmol/L. Para la serie número 3 aumentó a 7,9 mmol/L. Mientras que con el protocolo de esfuerzo al 40% de pérdida de velocidad se muestra que en la serie 1 el lactato se mantuvo a 10,8 mmol/L, en la serie dos aumentó a 12,1 mmol/L y para la serie número 3 disminuyó a un valor de 11,7 mmol/L

En la gráfica 4 se observa el aumento que se presentó en las concentraciones de lactato en sangre tanto al minuto 1 como al minuto 3 en ambos protocolos de esfuerzo. El comportamiento del lactato al minuto 1 con el protocolo al 20% de pérdida de velocidad tiene un comportamiento similar al lactato en el minuto 3 con el protocolo al 40% de pérdida de velocidad, en ambos casos de la serie 1 a la serie 2 hay un aumento y al pasar a la serie 3 hay una pequeña disminución.

En el lactato al minuto 1 con el protocolo de esfuerzo al 40% se muestra que fue el único momento que tuvo un aumento lineal sin depresiones.

7. Discusión

El objetivo de la investigación fue determinar la relación entre la pérdida de la velocidad propulsiva y los niveles de lactato como indicador de fatiga en ejercicios de fuerza en personas sedentarias con sobrepeso u obesidad. Diferentes

investigadores han estudiado el lactato como indicador de fatiga en gran variedad de grupos poblacionales, usualmente en hombres o mujeres entrenados en fuerza como es el caso del estudio de Ríos, D., Miramar, A., Paz, Y., & Padilla, I. (2021) en 32 atletas de la liga del Valle de halterofilia, en este estudio se encontró que la concentración LP en los atletas en reposo fue 22,46 mg/dl o 2.49 mmol/L y la concentración promedio final después de una sesión de ejercicio fue de 98,30 mg/dl o 10.91 mmol/L. Otro estudio con población entrenada en fuerza es el de Nájera-Ferrer, P., Pérez-Caballero, C., González-Badillo, J. J., & Pareja-Blanco, F. (2021) en el que se centró en 16 hombres entrenados y se concluyó que el lactato en sangre se elevó después de los protocolos de ejercicio. O el estudio de Villarán López, I. (2021) que utilizó 20 sujetos varones con experiencia en el entrenamiento de fuerza en el que se encontró que el lactato en sangre tuvo un aumento.

Otros autores estudian poblaciones entrenadas en diferentes disciplinas como el estudio de Chugá Rivadeneira, M. (2023) que empleó una población de atletas jóvenes pertenecientes a la federación de ciclismo y natación, en este estudio se identificó que el nivel de lactato en el ciclismo y natación pre competencia se encontró en un zona regenerativa y post competencia se encontraron en capacidad anaeróbica. Otro ejemplo es la investigación de Hernández-Cruz, G., Francisco Estrada-Meneses, E., Ramos-Jiménez, A., Rocío Rangel-Colmenero, B., Felipe Reynoso-Sánchez, L., Miranda-Mendoza, J., & Trinidad Quezada-Chacón, J. (2022) que ocupó 10 deportistas universitarios de balonmano en este el lactato presentó una elevación al final de los cuatro protocolos de ejercicio usados, pero en el isotónico e isométrico fueron menores las concentraciones en comparación con el aeróbico y anaeróbico.

Por lo tanto en base a la literatura podemos concluir que la concentración de lactato aumenta con la ejecución de ejercicio físico, puede variar de un individuo a otro, y puede ser usado como biomarcador de intensidad de la actividad física.

En cuanto a la concentración de lactato en sangre en la población de personas sedentarias o con sobrepeso, se tiene como referente el estudio de Moscatelli, F., Messina, G., Valenzano, A., Petito, A., Triggiani, Al, Ciliberti, M & Monda, M. (2015) en el que se reclutaron doce atletas varones de taekwondo diestros y 12 varones sedentarios para comparar sus resultados. En este estudio los resultados fueron que el lactato en sangre aumentó fuertemente al final del ejercicio en el grupo de atletas (pre: 2,1 mmol/l $\pm$ 0,4; post: 4,2 mmol/l $\pm$ 0,2; $p < 0,001$; +50%) y en los no deportistas. (pre: 1,9 mmol/l $\pm$ 0,2; post: 6,2 mmol/l $\pm$ 1,8; $p < 0,001$; +69%), descenso después de 3' min (atletas: 3,5 mmol/l $\pm$ 0,5; no deportistas: 4,0 mmol/l $\pm$ 0,6), y se recuperaron al valor previo al ejercicio en 10 minutos (atletas: 2,1 mmol/l $\pm$ 0,4; no deportistas 2,0 mmol/l $\pm$ 0,6). Los valores de lactato en sangre mostraron diferencias

entre los dos grupos. En particular, al final del ejercicio los no atletas mostraron valores más altos de lactato en sangre en comparación con los atletas ($6,2 \text{ mmol/l} \pm 1,8$ vs $4,2 \text{ mmol/l} \pm 0,2$; $p < 0,001$). Sin embargo, después de 3 minutos de finalizar el ejercicio, no surgieron diferencias entre los dos grupos. El lactato en sangre, desde la condición previa al ejercicio hasta la condición posterior al ejercicio, aumentó $2,1 \pm 0,4 \text{ mmol/l}$ en el grupo de taekwondo y $4,3 \pm 1,0 \text{ mmol/l}$ en el grupo de no deportistas ($p < 0,01$).

Estos resultados que obtuvo el grupo no atleta son valores muy similares a lo que se obtuvo en el presente estudio en el protocolo de esfuerzo al 20% en la serie 1 en la cual el promedio de lactato es de $6,2 \text{ mmol/l} \pm (5,2 - 9,1)$. Sin embargo para la toma de lactato 3 minutos después del ejercicio se observa una diferencia con respecto al estudio de Moscatelli et al 2015 pues en este caso no decrece, por el contrario hay un pequeño aumento de lactato a $6,5 \text{ mmol/l} \pm (4,3 - 8,4)$. Mientras que para las otras series o el otro protocolo de esfuerzo hay un aumento mucho mayor.

Con respecto a la población con sobrepeso o obesidad se tiene como referente el estudio de Nustad, J., Sailer, C., Ekstedt, K., Brydl, A., Drake, E., Shaul, J. & Saghiv, M (2017) que recurre a una población de veinte hombres sedentarios, de entre 19 y 28 años, se dividieron en grupos con sobrepeso ($n = 11$) y obesidad ($n = 9$). Los sujetos realizaron evaluaciones de fuerza máxima de una repetición (1RM) y de múltiples repeticiones máximas (MRM) usando una máquina de press de pecho. En este estudio se midió la frecuencia cardíaca (FC), la presión arterial, el lactato en sangre y un biomarcador de estrés cardíaco denominado NTproBNP al inicio, inmediatamente después y 15 minutos después de la evaluación de la fuerza.

Los resultados de la concentración de lactato fueron significativamente mayor en MRM en comparación con 1RM inmediatamente después ($\text{MRM} = 5,7 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \pm 2,03$ vs $1\text{RM} = 3,0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \pm 1,67$) y 15- min post ($\text{MRM} = 4,1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \pm 1,53$ frente a $1\text{RM} = 1,9 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} \pm 0,56$).

Con respecto al presente estudio, el resultado obtenido en la concentración de lactato más cercano a los valores de los estudios de referencia es el del protocolo de esfuerzo al 20% de pérdida de velocidad, en la serie 1 en la toma de 1 minuto después de la actividad física el cual fue de $6,2 \pm (5,2 - 9,1)$, el cual es el más bajo obtenido en todas las tomas. El resto de las tomas en las otras series y en el otro protocolo sufren un aumento significativo que las excluyen de los rangos de resultados obtenidos por Nustad et al. (2017)

Con respecto a esta misma población usando el lactato pero en entrenamiento de resistencia se tiene como referente el estudio de Bircher, S., & Knechtle, B. (2004) que dispuso de veinte atletas entrenados en resistencia (AT; 10 mujeres, 10 hombres) y veinte sujetos sedentarios y obesos (OB; 10 mujeres, 10 hombres). La prueba consistió en realizar ejercicio incremental en un cicloergómetro, los sujetos completaron un protocolo que les exigía hacer ejercicio durante 20 minutos con tres cargas de trabajo diferentes (55, 65 y 75 % del VO 2 pico) asignadas aleatoriamente en dos ocasiones distintas. Pasados 3 minutos después del ejercicio se tomó una muestra de sangre para obtener la concentración de lactato. En el grupo de mujeres sedentarias y obesas se observó un lactato promedio de $7,85 \text{ mmol/l} \pm 1,63$ y en el grupo de hombres sedentarios y obesidad hubo un lactato promedio de $7,27 \text{ mmol/l} \pm 2,05$.

Comparado con el presente estudio el momento en que los resultados se acercaron más a los obtenidos en el estudio de Bircher, S., & Knechtle, B. (2004) es la toma de sangre al minuto 1 y al minuto 3 después del ejercicio, en el protocolo de esfuerzo con el 20% de pérdida de velocidad en la serie 3 de ejercicio. En las cuales se obtuvo, en el minuto 1 un promedio de lactato de $7,6 \pm (7,0 - 9,5)$ y en el minuto 3 tenemos un promedio de lactato de $7,9 \pm (7,4 - 9,2)$ cercano al obtenido por el grupo de mujeres sedentarias y obesas. También en este mismo protocolo de esfuerzo, en la serie 2 en la toma al minuto 1 se obtuvo un resultado muy cercano con $7,9 \pm (6,9 - 13,0)$. Con respecto al grupo de hombres sedentarios y con sobrepeso, el valor de lactato más cercano aunque lo sobrepasa es en el protocolo de esfuerzo al 40% de pérdida de velocidad, en la serie 1 de ejercicio, el promedio de las dos tomas de lactato del minuto 1 y del minuto 3 que es $7,4 \pm 3,8$. Las otras tomas del lactato en el protocolo al 40% de PV se distancian mucho, teniendo una disminución en la serie 2 y un aumento en la serie 3.

Referente a la pérdida de la velocidad en los protocolos de esfuerzo en el estudio de González-Badillo, J., & Sánchez-Medina, L. (2010) se puede constatar que una carga que representa el 40% del RM se puede mover a una VMP $1,13 \text{ m.s}^{-1}$ lo cual fue muy similar en este estudio, además se puede decir que cada porcentaje de 1RM tiene su propia velocidad de ejecución la cual sigue siendo estable en cuanto se modifica la carga y funciona de igual manera cuando se evalúa en grupos de personas con diferente rendimiento.

Otro hallazgo importante en el estudio de Sánchez-Medina, L., & González-Badillo, J. (2011). concluye que cuanto mayor sea el esfuerzo producido por la pérdida de VMP mayor será el estrés mecánico y metabólico, pues como resultado se encontró un aumento lineal en las concentraciones de lactato en sangre en relación con el aumento de la pérdida de VMP en los ejercicios de press banca y sentadilla de dicho

estudio, lo cual incrementa de manera considerable el tiempo de recuperación entre cada serie y sesión de entrenamiento, también se indica que provocar estados excesivos de fatiga alteran los procesos de adaptación de tal manera que disminuyen el rendimiento físico. En este sentido Pareja-Blanco, F. (2016) señala que perder una velocidad cercana al 20% en la serie mejora el rendimiento físico lo cual trae consigo una mayor adaptación al entrenamiento, por tanto, relaciona la pérdida de velocidad superior al 40% como un estímulo de mayor adaptación hipertrófica debido a la cantidad de estrés mecánico y metabólico que puede generar.

Relacionado a lo anterior podemos demostrar en este estudio que la pérdida de VMP del 20% obtuvo un promedio de repeticiones menor pero más estables entre las series y unos niveles de lactato en sangre no tan elevados, comprobando así una respuesta mecánica y metabólica más adaptable para el tipo de población estudiada, pues en comparación con el protocolo de pérdida de VMP del 40% se dio como resultado un número superior de repeticiones las cuales presentaron una disminución elevada entre cada serie demostrando así el alto estrés mecánico que representa este protocolo, además, la concentración de lactato en sangre tuvo un aumento en todas las evaluaciones lo cual demuestra que los niveles de estrés metabólico en comparación con el protocolo de menor porcentaje de pérdida de velocidad fueron mayores.

En cuanto a los perfiles de fuerza, se puede comparar con el estudio de Schlüssel, M., dos Anjos, L., de Vasconcellos, M., & Kac, G. (2008) que empleó una población de 1122 hombres y 1928 mujeres aparentemente sanos se midió tres veces la dinamometría en ambas manos y se usó el valor más elevado. Los valores medios de la dinamometría derecha e izquierda fueron 42,8 y 40,9 kg para los hombres y 25,3 y 24,0 kg para las mujeres, respectivamente. Se encontró que aumentó con la edad y disminuyó significativamente después de los 40 y 50 años para mujeres y hombres, respectivamente.

También se cuenta con el estudio de Luna-Heredia, E., Martín-Peña, G., & Ruiz-Galiana, J. (2005) que utilizó 517 voluntarios sanos (267 mujeres y 229 hombres) con edades entre 17 y 97 años. La fuerza de prensión se midió realizando tres mediciones consecutivas tanto en la mano dominante como en la no dominante. En los resultados se detectó que la fuerza de prensión es mayor en la mano dominante. En los hombres la dinamometría en mano dominante fue de 39,95 y en la no dominante fue de 35,1. Mientras que en las mujeres la dinamometría en mano dominante fue de 25,72 y en la no dominante fue de 22,8. La fuerza de agarre disminuye de la primera a la tercera medición en ambos sexos. Al igual que en el estudio de Schlüssel et al. (2008) se observó que la fuerza de prensión disminuye

a medida que aumenta la edad tanto en la mano dominante como en la no dominante y en ambos sexos.

Por último en el metanálisis de Bohannon, R., Peolsson, A., Massy-Westropp, N., Desrosiers, J., & Bear-Lehman, J. (2006) que ocupó datos relevantes de 12 fuentes en las que se midió la dinamometría en los lados izquierdo y derecho de hombres y mujeres en 12 grupos de edad (20–24, 25–29, 30–34, 35–39, 40–44, 45–49, 50–54, 55–59, 60–64, 65–69, 70–74, 75+ años). Los resultados para el rango de edad 20 - 24 años que es la población promedio usada por el presente estudio, en hombres la dinamometría derecha 53,3 (45,2–61,5) y la dinamometría izquierda fue 47,4 (38,8–56,1). Mientras que en mujeres la dinamometría derecha fue de 30,6 (26,7–34,4) y la dinamometría izquierda fue 27,9 (23,1–32,6).

En el presente estudio los resultados arrojaron que en dinamometría derecha e izquierda en hombres fue $41,4 \pm 4,5$ y $36,4 \pm (35,3 - 37,1)$ respectivamente. Mientras que la dinamometría derecha e izquierda en mujeres $28,2 \pm 4,4$ y $24,1 \pm (23,6 - 26,1)$ respectivamente. Por lo tanto la dinamometría derecha en hombres dio un resultado muy cercano a los estudios de Schlüssel y Luna-Heredia. Pero bastante diferente a los resultados del metanálisis de Bohannon, puesto que los obtenidos fueron significativamente más bajos que los del metaanálisis. La dinamometría izquierda en hombres dio un resultado muy cercano a los estudios de Luna-Heredia. Muestra una gran disminución en comparación con los estudios de Schlüssel y Bohannon.

Mientras que en la dinamometría derecha en mujeres el resultado no es cercano a ninguno de los estudios. Puesto que es significativamente mayor a los resultados de Schlüssel y Luna-Heredia. Pero aun así es menor a los resultados del metanálisis de Bohannon. La dinamometría izquierda en mujeres dio un resultado muy cercano a los estudios de Schlüssel. Muestra un aumento en comparación con los de Luna-Heredia. Pero aun así hay una disminución en comparación con los estudios de Bohannon.

8. Conclusiones

Se puede concluir de manera general que en cuanto a los perfiles de fuerza la dinamometría derecha en hombres está entre los valores normales en hombres sanos. La dinamometría izquierda por otro lado está un poco por debajo de los rangos normales. Mientras que en el sexo femenino la dinamometria derecha y izquierda supera los rangos de referencia para esta población.

Los niveles de lactato encontrados en los diferentes protocolos de ejercicio representan unos niveles altos de fatiga metabólica, provocados por la acción mecánica producida por el entrenamiento basado en la pérdida de velocidad, estos niveles de fatiga se vieron afectados en mayor y menor medida de acuerdo a cada protocolo.

Al igual que la fatiga metabólica, se comprobó que el estrés mecánico también se vio afectado cuando se modificó el porcentaje de pérdida de velocidad de cada protocolo, se evidenció un aumento de la cantidad de repeticiones cuando se evaluó la ejecución del ejercicio con pérdida de velocidad del 40% lo cual a su vez produjo una cantidad mayor de lactato en sangre, representado así un grado de mayor fatiga metabólica.

9. Recomendaciones

Se recomienda realizar un ensayo clínico aleatorizado en personas con sobrepeso y obesidad para observar los efectos de este protocolo de ejercicios en la pérdida de velocidad y la producción de lactato y los posibles efectos en el mejoramiento de la fuerza y la reducción de la grasa corporal.

10. Referencias

Abarca-Gómez, L., Abdeen, Z. A., Hamid, Z. A., Abu-Rmeileh, N. M., Acosta-Cazares, B., Acuin, C., Adams, R. J., Aekplakorn, W., Afsana, K., Aguilar-Salinas, C. A., Agyemang, C., Ahmadvand, A., Ahrens, W., Ajlouni, K., Akhtaeva, N., Al-Hazzaa, H. M., Al-Othman, A. R., Al-Raddadi, R., al Buhairan, F., Ezzati, M. (2017). Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from

1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128.9 million children, adolescents, and adults. *The Lancet*, 390(10113), 2627–2642. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32129-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32129-3)

Abril, F. G. M., & Burgos, R. I. Q. (2011). El lactato sanguíneo y su correlación con biomarcadores salivales, como indicadores de la intensidad del ejercicio. *Revista Salud, Historia y Sanidad*, 6(2).

Álvarez Romero, J. A. (2014). Evaluación fisiológica del lactato como marcador bioquímico utilizado para indicar la intensidad del ejercicio (Doctoral dissertation). Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá Facultad de Medicina Departamento de Ciencias Fisiológicas.

Andersen, L. W., Mackenhauer, J., Roberts, J. C., Berg, K. M., Cocchi, M. N., & Donnino, M. W. (2013). Etiology and Therapeutic Approach to Elevated Lactate Levels. *Mayo Clinic Proceedings*, 88(10), 1127–1140. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2013.06.012>

Assuncao, M., Nascente, A., Guedes, C., Mazza, B., Jacki, M., Fernandes, H., & Machado, F. (2007). Lactate levels from arterial, central venous and peripheral venous blood in severe sepsis and septic shock patients. *Critical Care*, 11(Suppl 2), P452. <https://doi.org/10.1186/cc5612>

Balsalobre-Fernández, C., & Jiménez-Reyes, P. (2014). Entrenamiento de fuerza. Nuevas perspectivas metodológicas. Carlos Balsalobre-Fernandez. http://www.carlosbalsalobre.com/Entrenamiento_de_Fuerza_Balsalobre&Jimenez.pdf

Balsalobre-Fernández, C. y Tejero-González, C.M. (2015). Efecto del entrenamiento con cargas sobre la grasa corporal en personas obesas. Revisión sistemática. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el*

Deporte, vol. 15 (58) pp. 371-386.
[Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista58/artefecto558.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista58/artefecto558.htm)

Barrera, R. (2017). Cuestionario Internacional de actividad física (IPAQ). Revista Enfermería del trabajo, 7(2), 49-54.

Bastos, A. A.; González Boto, R.; Molinero González, O. y Salguero del Valle, A. (2005) Obesidad, nutrición y Actividad Física. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 5 (18) pp. 140-153
<http://cdeporte.rediris.es/revista/revista18/artobesidad11.htm>

Bircher, S., & Knechtle, B. (2004). Relationship between fat oxidation and lactate threshold in athletes and obese women and men. Journal of sports science & medicine, 3(3), 174.

Bird, S. P., Tarpenning, K. M., & Marino, F. E. (2005). Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. Sports Med, 35(10), 841-851.

Bohannon, R. W., Peolsson, A., Massy-Westropp, N., Desrosiers, J., & Bear-Lehman, J. (2006). Reference values for adult grip strength measured with a Jamar dynamometer: a descriptive meta-analysis. Physiotherapy, 92(1), 11-15.

Buitrago, S., Wirtz, N., Yue, Z., Kleinoder, H., & Mester, J. (2012). Effects of load and training modes on physiological and metabolic responses in resistance exercise. Eur J Appl Physiol, 112(7), 2739-2748.

Chugá Rivadeneira, M. B. (2023). Lactato y frecuencia cardíaca en deportistas de natación y ciclismo pertenecientes a la Federación Deportiva de Imbabura, 2023 [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/14801>

Departamento de Medicina Interna. (2016). Lactato. Revista Chilena de Medicina Intensiva, 13-22.

Echávarri Manjón, D. (2017). Entrenamiento de fuerza en población obesa = Resistance training in obese population. Tesis. Trabajos Fin de Grado y Máster [3123]. Universidad de León Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/7730/ECH%c3%81VARRI%20MANJ%c3%93N_DANIEL_JULIO_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

González-Badillo, J. J., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & Pareja-Blanco, F. (2014). Maximal intended velocity training induces greater gains in bench press performance than deliberately slower half-velocity training. *European Journal of Sport Science*, 14(8), 772–781. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.905987>

González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement Velocity as a Measure of Loading Intensity in Resistance Training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(05), 347–352. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>

González Badillo, J. J., Sánchez Medina, L., Pareja Blanco, F., & Rodríguez Rosell, D. (2017). La velocidad de ejecución como referencia para la programación, control y evaluación del entrenamiento de fuerza. *Ergotech 2017 Consulting, S.L*, 6 , 80–93. [Google Académico]

González-Badillo, J.J., & Ribas, J. (2002). Bases de la programación del entrenamiento de fuerza. INDE publicaciones. Barcelona (España).

González-Badillo, J. J., Sánchez-Medina, L., Ribas-Serna, J., & Rodríguez-Rosell, D. (2022). Toward a New Paradigm in Resistance Training by Means of Velocity Monitoring: A Critical and Challenging Narrative. *Sports Medicine - Open*, 8(1), 118.

<https://doi.org/10.1186/s40798-022-00513-z>

Gómez-Campos, R.; Cossio-Bolaños, M.A.; Brousett-Minaya, M. y Hochmuller-Fogaca, R.T. (2010). Mecanismos implicados en la fatiga aguda. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* vol. 10 (40) pp. 537-555.

Grassi, B., Rossiter, H. B., & Zoladz, J. A. (2015). Skeletal muscle fatigue and decreased efficiency: two sides of the same coin? *Exercise and sport sciences reviews*, 43(2), 75–83. <https://doi.org/10.1249/JES.0000000000000043>

Hernández-Cruz, G., Francisco Estrada-Meneses, E., Ramos-Jiménez, A., Rocío Rangel-Colmenero, B., Felipe Reynoso-Sánchez, L., Miranda-Mendoza, J., & Trinidad Quezada-Chacón, J. (2022). Relación entre el tipo de ejercicio físico y la fatiga cuantificada mediante VFC, CK y el lactato en sangre. *Retos: Nuevas Perspectivas de Educación Física, Deporte y Recreación*, 44.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.

Hurley, B.F. (1994). Does Strength Training Improve Health Status? *Journal of strength and Conditioning research* 2: 7-13.

Kell, R. T., Bell, G., & Quinney, A. (2001). Musculoskeletal fitness, health outcomes and quality of life. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 31(12), 863–873. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131120-00003>

Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc*, 36(4), 674-688.

Krogh-Madsen, R., Thyfault, J. P., Broholm, C., Mortensen, O. H., Olsen, R. H.,

Mounier, R., Plomgaard, P., van Hall, G., Booth, F. W., & Pedersen, B. K. (2010). A 2-wk reduction of ambulatory activity attenuates peripheral insulin sensitivity. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md.: 1985), 108(5), 1034–1040. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00977.2009>

López, P., Taaffe, D.R., Galvão, D.A., et al. (2022). Eficacia del entrenamiento de resistencia en la composición corporal y los resultados del peso corporal en personas con sobrepeso y obesidad a lo largo de la vida: una revisión sistemática y un metanálisis. *Revisiones de obesidad*. e13428. doi: 10.1111/obr.13428

Luna-Heredia, E., Martín-Peña, G., & Ruiz-Galiana, J. (2005). Handgrip dynamometry in healthy adults. *Clinical Nutrition*, 24(2), 250-258.

Mazzetti, S., Douglass, M., Yocum, A., & Harber, M. (2007). Effect of explosive versus slow contractions and exercise intensity on energy expenditure. *Med Sci Sports Exerc*, 39(8), 1291-1301.

Moscatelli, F., Messina, G., Valenzano, A., Petito, A., Triggiani, Al, Ciliberti, MAP, ... & Monda, M. (2015). Relación entre el RPE y el lactato en sangre después de ejercicios fatigantes de agarre manual en taekwondo y sujetos sedentarios. *Biol. Med* , 1 , S3008.

Naclerio-Ayllon, F. (2008), Variables a Considerar para Programar y Controlar las Sesiones de Entrenamiento de Fuerza. *PubliCE*. 03/12/08. Pid: 1062.

Nájera-Ferrer, P., Pérez-Caballero, C., González-Badillo, J. J., & Pareja-Blanco, F. (2021). Effects of Exercise Sequence and Velocity Loss Threshold During Resistance Training on Following Endurance and Strength Performance During Concurrent Training. *International journal of sports physiology and performance*, 16(6), 811–817. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2020-0483>

Nustad, J., Sailer, C., Ekstedt, K., Brydl, A., Drake, E., Shaul, J., ... & Sagvold, M.

(2017). NTproBNP, Lactate, and Hemodynamic Responses to Multiple vs One-Repetition Max Strength Tests. *Journal of Clinical Exercise Physiology*, 6(4), 61-70.

Olsen, R. H., Krogh-Madsen, R., Thomsen, C., Booth, F. W., & Pedersen, B. K. (2008). Metabolic responses to reduced daily steps in healthy nonexercising men. *JAMA*, 299(11), 1261–1263. <https://doi.org/10.1001/jama.299.11.1259>

OMS. Organización mundial de la salud (2021). Cuestionario Mundial sobre Actividad Física (GPAQ). Documento tecnico. <https://www.who.int/es/publications/m/item/global-physical-activity-questionnaire>

OMS. Organización mundial de la salud (2021). Obesidad y sobrepeso. Datos y cifras. Detalle. Notas descriptivas. Centro de prensa. <https://www.who.int/es/publications/m/item/global-physical-activity-questionnaire>

Palacios, G., & Pedrero, R. (2015). Biomarcadores de la actividad física y del deporte. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 235-242

Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E., & González-Badillo, J. (2014). Effect of Movement Velocity during Resistance Training on Neuromuscular Performance. *International Journal of Sports Medicine*, 35(11), 916–924. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1363985>

Pareja-Blanco, F. (2016). La velocidad de ejecución como factor determinante de las adaptaciones producidas por el entrenamiento de fuerza (Tesis Doctoral). Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España.

Pedersen, B. K. (2009). The disease of physical inactivity – and the role of myokines in muscle–fat cross talk. *The Journal of Physiology*, 587(23), 5559–5568. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2009.179515>

Pedersen, B., Febbraio, M. (2012). Músculos, ejercicio y obesidad: el músculo esquelético como órgano secretor. *Nat Rev Endocrinol* 8, 457–465. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2012.49>

Pereira, M. I. R., & Gomes, P. S. C. (2003). Movement Velocity in Resistance Training. *Sports Medicine*, 33(6), 427–438. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333060-00004>

Pinto, VMM, Loaiza, DFM, Espinal, JAG, & Wilcchez, OOR (2020). Powerlifting: entrenamiento de fuerza, 1 RM contra ecuación Brzycki, en deportista con discapacidad física. *Retos*, 38 (38), 375-378.

Pollock, M. L., Franklin, B. A., Balady, G. J., Chaitman, B. L., Fleg, J. L., Fletcher, B., Limacher, M., Piña, I. L., Stein, R. A., Williams, M., & Bazzarre, T. (2000). AHA Science Advisory. Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety, and prescription: An advisory from the Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association; Position paper endorsed by the American College of Sports Medicine. *Circulation*, 101(7), 828–833. <https://doi.org/10.1161/01.cir.101.7.828>

Pino, R. M., & Singh, J. (2021). Appropriate Clinical Use of Lactate Measurements. *Anesthesiology*, 134(4), 637–644. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000003655>

Ríos, D. C. Z., Miramar, A. J. M., Paz, Y. M., & Padilla, I. C. R. (2021). Lactate: a biological marker of physical activity in Colombian weightlifting athletes. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 27, 65-69.

Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J. M., Torres-Torrelo, J., Mora-Custodio, R., Marques, M. C., & González-Badillo, J. J. (2018). Effort Index as a Novel Variable

for Monitoring the Level of Effort During Resistance Exercises. *Journal of strength and conditioning research*, 32(8), 2139–2153. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002629>

Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J. M., Mora-Custodio, R., Torres-Torrelo, J., Ribas-Serna, J., & González-Badillo, J. J. (2020). Role of the Effort Index in Predicting Neuromuscular Fatigue During Resistance Exercises. *Journal of strength and conditioning research*, 10.1519/JSC.0000000000003805. Advance online publication. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003805>

Roldán, E. E., & Rendón S, D. E. (2013). Propuesta de prescripción del ejercicio en obesos. *Revista Politécnica*, 9(16), 75 - 84. Recuperado a partir de <https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/332>

Salas-Salvadó, J., Rubio, M.A., Barbany, M., Moreno, B. (2007). Consenso SEEDO para la evaluación del sobrepeso y la obesidad y el establecimiento de criterios de intervención terapéutica. *Medicina Clínica*, 128(5), 184-196, [https://doi.org/10.1016/S0025-7753\(07\)72531-9](https://doi.org/10.1016/S0025-7753(07)72531-9).

Sánchez-Castillo CP, Pichardo-Ontiveros E, López-RP (2004). Epidemiología de la obesidad. *Gac Med Mex*. 2004;140(Suppl: 2):3-20.

Sánchez-Medina, L., & González-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(9), 1725–1734. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213f880>

Sánchez-Medina, L., González-Badillo, J. J., Pérez, C. E., & Pallarés, J. G. (2014). Velocity- and power-load relationships of the bench pull vs. bench press exercises. *International journal of sports medicine*, 35(3), 209–216. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1351252>

Sánchez-Medina, L., Pallarés, J., Pérez, C., Morán-Navarro, R., & González-Badillo, J. (2017). Estimation of Relative Load From Bar Velocity in the Full Back Squat Exercise. *Sports Medicine International Open*, 01(02), E80–E88. <https://doi.org/10.1055/s-0043-102933>

Saura J, Isidro F, Heredia J, & Segarra V. (2014) Evidencias científicas sobre la eficacia y seguridad de la dieta proteinada. *Dieta proteinada y ejercicio físico / Rev Andal Med Deporte*. 2014;7(1):27-32

Schlüssel, M. M., dos Anjos, L. A., de Vasconcellos, M. T. L., & Kac, G. (2008). Reference values of handgrip dynamometry of healthy adults: a population-based study. *Clinical nutrition*, 27(4), 601-607.

Toigo, Marco & Boutellier, Urs. (2006). New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. *European journal of applied physiology*. 97. 643-63. [10.1007/s00421-006-0238-1](https://doi.org/10.1007/s00421-006-0238-1).

Varela-Olalla, D., Del Campo-Vecino, J., Garcia-Garcia, J.M., (2018). Control de la pérdida de velocidad a través de la escala de esfuerzo percibido en press de banca. *Revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte*, 2019;36(4):215-219.

Vélez J, Montalvo M, Villagómez, Jara F, González, Vélez P, Velarde C & Paredes J. (2017). Lactato de la bioquímica a la medicina traslacional. Centro de Investigación y Desarrollo Profesional. https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Luis-Velez-Paez-2/publication/322302103_Lactato_de_la_Bioquimica_a_la_Medicina_Traslacional/links/5a5d7dfca6fdcc68fa96ffba/Lactato-de-la-Bioquimica-a-la-Medicina-Traslacional.pdf#page=70

Villarán López, I. (2021). Valoración de las respuestas cinemáticas a través de la

fatiga muscular y de las concentraciones de lactato sanguíneo de dos protocolos de entrenamiento tradicional vs. restricción del flujo sanguíneo.. (Trabajo Fin de Grado Inédito). Universidad de Sevilla, Sevilla.

Warburton, D. E., Glendhill, N., & Quinney, A. (2001). The effects of changes in musculoskeletal fitness on health. *Canadian journal of applied physiology = Revue canadienne de physiologie appliquee*, 26(2), 161–216. <https://doi.org/10.1139/h01-012>

Wernbom M, Augustsson J, Thomeé R. (2007) The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Med.* 2007;37(3):225-64. doi: 10.2165/00007256-200737030-00004. PMID: 17326698

Westcott, W. L., Winett, R. A., Anderson, E. S., Wojcik, J. R., Loud, R. L., Cleggett, E., & Glover, S. (2001). Effects of regular and slow speed resistance training on muscle strength. *J Sports Med Phys Fitness*, 41(2), 154-158.

World Health Organization. Obesidad y sobrepeso [Internet]. 2019 [cited 2019 May 2]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-andoverweight>

Yang, C. C., Chan, K. S., Tseng, K. L., & Weng, S. F. (2016). Prognosis of alcohol-associated lactic acidosis in critically ill patients: an 8-year study. *Scientific reports*, 6(1), 35368.

Anexos 1. Formato de recolección de datos

	PROTOCOLO DE MEDICIÓN	Código: 0001
	ESTUDIO EXERMET	Versión: 01
		Fecha: 2022/20/09
		Página: 1 de 4

HOJA DE REGISTRO FASE EXPERIMENTAL ESTUDIO EXERMET

Fecha: ____/____/____

Nombre _____ Apellidos _____

Sexo: **FEMENINO** ☐ **MASCULINO** ☐

Fecha de nacimiento: _____

Talla (cm): _____ Perímetro de cintura (cm): _____

COMPOSICIÓN CORPORAL:

Peso (Kg)	IMC	TMB	IMPE	% Grasa	Grasa (Kg)	MM (Kg)	Agua %

MOMENTO 1 (basal)

HORA INICIO:

1. Presión Arterial ____/____

2. Glucosa

3. Lactato

4. Variabilidad _____

HORA FINALIZACIÓN:

SOBRECARGA ORAL DE GLUCOSA

HORA INGESTA:

**Espera de 60 minutos desde la última toma de lactato hasta la siguiente.*

	PROTOCOLO DE MEDICIÓN	Código: 0001
		Version: 01
	ESTUDIO EXERMET	Fecha: 2022/20/09
		Página: 2 de 4

MOMENTO 2 (post ingesta de glucosa)

HORA INICIO:

1. Presión Arterial
2. Glucosa
3. Lactato
4. Variabilidad

HORA FINALIZACIÓN:

**Ejecución directa del entrenamiento de fuerza (no hay espera).*

ENTRENAMIENTO BASADO POR PERDIDA DE VELOCIDAD:

HORA INICIO:

SERIES	MIN POST	LACTATO	GLUCOSA	F. CARDIACA
SERIE 1	MIN 1			
	MIN 3			
	MIN 5			
SERIE 2	MIN 1			
	MIN 3			
	MIN 5			
SERIE 3	MIN 1			
	MIN 3			
	MIN 5			

HORA FINALIZACIÓN:

OBSERVACIONES DURANTE LA PRUEBA:

**Espera de 1h desde la finalización de la prueba hasta el inicio del momento 3.*

	PROTOCOLO DE MEDICIÓN	Código: 0001
		Version: 01
	ESTUDIO EXERMET	Fecha: 2022/20/09
		Página: 3 de 4

MOMENTO 3 (1h post entrenamiento)

HORA INICIO:

1. Presión Arterial /
2. Glucosa
3. Lactato
4. Variabilidad

HORA FINALIZACIÓN:

**Espera de 1h desde el comienzo del momento anterior*

MOMENTO 4 (2h post entrenamiento)

HORA INICIO:

1. Presión arterial /
2. Glucosa
3. Lactato
4. Variabilidad

HORA FINALIZACIÓN:

**Espera de 1h desde el comienzo del momento anterior*

	PROTOCOLO DE MEDICIÓN	Código: 0001
		Version: 01
	ESTUDIO EXERMET	Fecha: 2022/20/09
		Página: 4 de 4

MOMENTO 5 (3h post entrenamiento):

HORA INICIO:

1. Presión Arterial /
2. Glucosa
3. Lactato
4. Variabilidad

HORA FINALIZACIÓN:

Anexo 2. Consentimiento informado



1. CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo _____ con cc # _____ de _____ He sido informado

y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines académicos y científicos. Convengo en participar en este estudio de investigación.

Participante

Fecha

Testigo

Fecha

Testigo

Fecha

He explicado al Sr(a).

La naturaleza, beneficios y los propósitos de la participación en la investigación. He contestado las preguntas generadas por el participante.

Acepto que he leído y conozco la normatividad correspondiente para realizar investigación con seres humanos y me apego a ella. Una vez concluida la sesión de preguntas y respuestas, se procedió a firmar el presente documento.

Autorizo la utilización de muestras y datos en futuros estudios, previa aprobación del CIREH:

Si ____ No ____

Investigador

Fecha

Anexo 3. Consentimiento informado extendido



CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN EL ESTUDIO RESPUESTA AGUDA DEL METABOLISMO DE LÍPIDOS Y CARBOHIDRATOS A DIFERENTES PROTOCOLOS DE FUERZA POR VELOCIDAD

Título del protocolo: “Respuesta aguda del metabolismo de lípidos y carbohidratos a diferentes protocolos de fuerza por velocidad e intervalos de alta intensidad: Comparación entre respondedores y no respondedores. Estudio EXERMET - FUERZA”.

Investigador principal:

Sede donde se realizará el estudio: Universidad del Valle sede Melendez Calle 13 # 100 - 00

Nombre del participante: _____

El propósito de este formato de consentimiento informado es proveer a usted como invitado a participar de este estudio, brindar una clara explicación de la investigación y de su papel en ella como participante. Antes de decidir si participa o no, debe conocer y comprender cada uno de los siguientes apartados. Siéntase con absoluta libertad para preguntar sobre cualquier aspecto que le ayude a aclarar sus dudas al respecto.

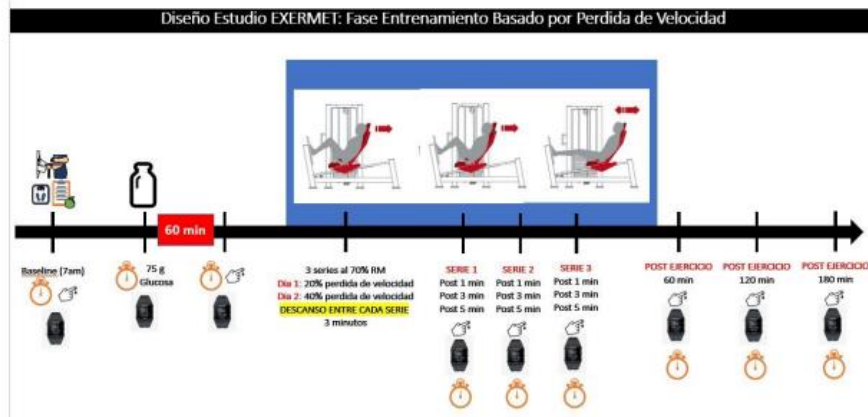
Una vez que haya comprendido el objetivo del estudio y si usted desea participar, se le pedirá que firme esta forma de consentimiento de la cual se le entregará una copia firmada y fechada.

1. **Justificación del Estudio.** Datos de la ENSIN-2015 y de la Organización Mundial de la Salud en el 2008, ponen de manifiesto una elevada prevalencia de exceso de peso e inactividad física entre la población joven adulta en Colombia. En conjunto, ambas condiciones son factores de riesgo para el desarrollo de enfermedades no transmisibles, por lo que evaluar metabólicamente a una persona y conocer su capacidad real de metabolizar sustratos energéticos nos puede permitir conocer su capacidad para asumir una flexibilidad metabólica ante una situación de estrés fisiológico, permitiendo así la creación de protocolos de prevención no farmacológicas basados en la implementación de actividad física y directrices de nutrición adecuada.
2. **Objetivo del Estudio.** Se trata de una investigación para determinar las respuestas metabólicas luego de realizar diferentes protocolos de fuerza (2 ejercicios en máquinas de gimnasio) o un programa aeróbico interválico de alta intensidad (en bicicleta) en hombres con sobrepeso u obesidad y que no hagan ejercicio regularmente.
3. **Qué pasará durante el estudio.** Si usted acepta formar parte de este estudio, después de verificarse el cumplimiento de los criterios de inclusión y la firma de este consentimiento informado, usted llevará a cabo los siguientes procedimientos:
4. **Procedimientos del Estudio.**

Día 1 (en la mañana):

- Usted vendrá a Universidad del Valle sede Melendez Calle 13 # 100 - 00 **Edificio D4 Oficina 1013**
- Usted leerá, se le explicará el estudio, se le responderán las dudas, y si está de acuerdo firmará este consentimiento informado.
- Posteriormente, un médico especialista le realizará una historia clínica en el cual se preguntará por sus antecedentes médicos personales, familiares, farmacológicos, toxicológicos, por conductas y estilo de vida que usted lleva a diario, además un examen físico que incluirá medidas antropométricas (talla, peso, tensión arterial, frecuencia cardíaca).
- Una vez termine esta valoración, le daremos un informe para decidir si puede continuar o no en el estudio.
- En caso de que el aval sea positivo, se le realizará una evaluación de la composición corporal por el método de bioimpedancia con una Tanita TBF – 310, que cuantificará la masa grasa (masa corporal- [masa grasa + masa ósea]). En caso de que usted manifieste alguna razón que le impida hacerse este examen, le pedimos lo informe a nuestro técnico.
- Posteriormente se le realizará pruebas de condición física como: 1 prueba de fuerza prensil (un test con un dinamómetro para evaluar la fuerza de sus manos).
- Terminados estos procedimientos se le realizará una prueba para establecer su 1RM (fuerza máxima), para cada tipo de ejercicio (prensa para piernas).

- Todas las pruebas y medidas serán realizadas por un profesional de cultura física, un fisioterapeuta y un magíster en actividad física y salud, en presencia de un médico.
- Al finalizar la prueba se le dará recomendaciones para su segundo día de participación, las cuales se explican a continuación.



Día 2 (en la mañana):

- Usted volverá en ayunas, según su disponibilidad de tiempo a las 6:00 AM (última comida deberá ser a las 8 pm) Universidad del Valle sede Melendez Calle 13 # 100 - 00.
- En este día, se tomarán una gota de sangre de su pulpejo del dedo índice o pulgar (cantidad 5 microlitros), para conocer sus niveles de **glicemia y lactato**. Se realizarán 2 intentos en caso de dificultad de obtención de la muestra. Un profesional de la salud (auxiliar de laboratorio), será el encargado de este procedimiento, en presencia de un médico.
- Las medidas de azúcar y lactato en sangre las realizaremos: Al llegar (basal, 6:00 am), luego de la toma de glucosa (75 g de glucosa líquida), al inicio y al final de cada serie de ejercicios (fuerza o intervalos) y durante las 4 horas posteriores al ejercicio con de una frecuencia de 30 minutos después el entrenamiento.

Una vez que realice las mediciones basales (glicemia y del metabolismo, 6:00 am), usted deberá tomarse una carga de 75 g de glucosa líquida sabor fresa o uva (a elegir). Este es el mismo examen que hacen en las EPS y las clínicas (Curva de glucosa). Pasado 30 minutos, se le volverá a medir la glucosa y el metabolismo.

Luego, usted iniciará el programa de entrenamiento de ejercicio correspondiente al grupos al cual fue asignado de forma aleatoria:

- **Grupo 1: Entrenamiento fuerza TIPO 1**, este entrenamiento consiste en la ejecución de 1 ejercicio (prensa para pierna) de 4 series previamente explicados y guiados por un profesional utilizando un dispositivo llamado Encoder lineal (T-FORCE), donde usted levantará un peso seguro, y realizará un número de repeticiones tratando de mantener una velocidad constante hasta que el profesional del deporte que lo acompaña le indique cuándo puede parar. Generalmente, usted realizará entre 8 y 16 repeticiones y esto equivale a perder un 20% de la velocidad esperada.
- Una vez se cumpla cada serie, se iniciará el periodo de recuperación de 2-4 minutos sentado. Durante la mencionada recuperación el participante realizará movimientos suaves y de estiramiento para facilitar la recuperación del grupo muscular entrenado.



- **Grupo 2: Entrenamiento fuerza TIPO 2**, este entrenamiento consiste en la ejecución de 1 ejercicios (prensa para pierna) de 4 series previamente explicados y guiados por un profesional utilizando un dispositivo llamado Encoder lineal (T-FORCE), donde usted levantará un peso seguro, y realizará un número de repeticiones tratando de mantener una velocidad constante hasta que el profesional del deporte que lo acompaña le indique cuándo puede parar. Generalmente, usted realizará entre 15 y 25 repeticiones y esto equivale a perder un 40% de la velocidad esperada. Una vez se cumpla cada serie, se iniciará el periodo de recuperación de 2-4 minutos sentado. Durante la mencionada recuperación el participante realizará movimientos suaves y de estiramiento para facilitar la recuperación del grupo muscular entrenado.
- Al inicio y al final de cada una de las series de un ejercicio, se le realizará una punción en el lóbulo de la oreja para medir sus niveles de glucosa y lactato y así conocer la intensidad a la está realizando el ejercicio. Esta medida la realizará un profesional de la salud entrenado mediante un medidor de lactato, en presencia de un médico.

Todos y cada uno de los ejercicios serán explicados previamente y supervisados por un profesional de la actividad física, en presencia de un médico.

- Al finalizar el entrenamiento usted deberá estar en reposo durante 4 horas, en las que se le medirá de nuevo la glucosa y el lactato (cada 1 hora), tras 45 minutos de terminar el entrenamiento hasta completar las 4 horas. Pasadas las 4 horas post ejercicio, se le dará un refrigerio sin costo alguno.
5. **¿Cuánto tiempo durará su participación en el estudio?** Su participación directa será de dos días, aproximadamente de 6 horas por día para la valoración médica, las pruebas de laboratorio, las mediciones físicas, la prueba de 1 RM y la realización del protocolo físico asignado serán las actividades que usted deberá realizar.
 6. **¿Cómo se podría beneficiar si participa en el estudio?** Usted podrá conocer su estado de salud (nivel de grasa, nivel de glucosa/lípidos, su condición física...). En caso de que sea detectada una anomalía en las pruebas de laboratorio o durante el examen físico se le enviará a control médico con su médico de la EPS o al servicio médico que usted tenga. Este resultado será informado por uno de los investigadores de manera verbal y por escrito, previa revisión del médico del proyecto.

Además, con los resultados de este estudio se puede contribuir a la realización de protocolos que beneficiaran población con enfermedades metabólicas como diabetes, hipertensión arterial, falla cardíaca, falla renal..., además de la construcción de nuevas alternativas de ejercicios con diferentes tipos de población y a la generación de nuevo conocimientos, que podrá abrir las puertas a futuras investigaciones en nuestro país.

7. **¿Qué riesgos tendrá en la participación?** los propiamente asociadas al ejercicio (dolor muscular, articular, mareo), o que posteriormente a la ingesta de la carga de glucosa puede experimentar, náuseas, mareos, taquicardia, sensación de cansancio, o debilidad. Sin embargo, estos riesgos son mínimos y en caso de presentarse, los investigadores y el médico del proyecto, están suficientemente capacitados para tomar las medidas de seguridad, para cada caso.
8. **Confidencialidad y tratamiento de los datos.** La información obtenida será utilizada únicamente para propósitos del estudio. Su nombre no se utilizará en ningún reporte o publicación, se codificará y solo lo conocerán los investigadores principales de este estudio.
9. **Costo de su participación.** Ninguno. El estudio asume el costo de las pruebas de laboratorio, el pago del programa de ejercicios, y exámenes especializados.

10. **Sus derechos en el estudio.** Su participación en el estudio es totalmente voluntaria, si usted desea se puede retirar en cualquier momento del estudio sin perjuicios o ninguna falta y consecuencias contra nosotros o el centro de investigación. Además, usted tiene derecho de conocer todos sus



resultados y con un trato especial donde estará acompañado en todo momento de un profesional de la salud.

11. Aclaraciones

- No recibirá ningún pago por su participación.
- En el transcurso del estudio usted podrá solicitar información actualizada sobre su estado de salud al investigador responsable.
- Se le otorgará una copia de este consentimiento informado firmado si usted lo requiere y la posibilidad de conocer los resultados de las pruebas y recomendaciones generales.
- Se dará por terminado la participación del sujeto en caso de no culminar la totalidad de las pruebas físicas y/o no diligenciar los cuestionarios o el consentimiento informado.

En caso de que tenga preguntas adicionales, dudas o sugerencia comunicarse con:

Mg. Hugo Alejandro Carrillo

Profesor programa de Educación Física y Deporte
IEP, Universidad del Valle Teléfono: 3308822

Mg. Miguel Alejandro Atencio

Profesor auxiliar programa de Educación Física y Deporte
IEP, Universidad del Valle Teléfono: 3308822

CIREH

Comité Institucional de Revisión Ética Humana
Tel: 5185677
eticasalud@correounivalle.edu.co

Con su firma usted afirma que ha leído y/o alguien le ha leído este documento, que se le ha respondido satisfactoriamente a sus preguntas y aclarado las posibles dudas, y que acepta participar voluntariamente en el presente estudio.

1. CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo _____ con cc # _____ de _____ He sido informado

y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines académicos y científicos. Convengo en participar en este estudio de investigación.



_____	_____
Participante	Fecha

_____	_____
Testigo	Fecha

_____	_____
Testigo	Fecha

He explicado al Sr(a).

La naturaleza, beneficios y los propósitos de la participación en la investigación. He contestado las preguntas generadas por el participante.

Acepto que he leído y conozco la normatividad correspondiente para realizar investigación con seres humanos y me apego a ella. Una vez concluida la sesión de preguntas y respuestas, se procedió a firmar el presente documento.

Autorizo la utilización de muestras y datos en futuros estudios, previa aprobación del CIREH:

Si ____ No ____

_____	_____
Investigador	Fecha

Anexo 4. Registro fotográfico







Anexo 5. Registro fotográfico de instrumentos de medición

