

**ESTUDIO CLÍNICO DE LOS EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO CONCURRENTES
SOBRE LA CONDICIÓN FÍSICA Y LA COMPOSICIÓN CORPORAL EN ADULTOS
FÍSICAMENTE INACTIVOS**

Enrique Muñoz Pinto
Estudiante de Maestría en Actividad Física y Salud
Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud
Universidad del Rosario
Bogotá D.C, Colombia

Dr. Robinson Ramírez-Vélez FT, PhD
Director de Tesis
Investigador *Senior* Colciencias
Centro de Investigación en Medición de la Actividad Física (CEMA)
Maestría en Actividad Física y Salud
Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud
Universidad del Rosario
Bogotá D.C, Colombia

Jorge Enrique Correa-Bautista FT, PhD
Co-director de Tesis
Investigador Senior Colciencias
Centro de Investigación en Medición de la Actividad Física (CEMA)
Maestría en Actividad Física y Salud
Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud
Universidad del Rosario
Bogotá D.C, Colombia
2018

RESUMEN

Antecedentes y objetivo: El entrenamiento concurrente, definido como la combinación de dos o más cualidades físicas que se practican en una misma sesión (intra-sesión), mismo día (inter-sesión) o en días alternos (intra-microciclo), ha mostrado diferentes beneficios de la condición física relacionada con la salud (CFRS); en los dominios de fuerza muscular, capacidad aeróbica, composición corporal y bienestar físico en general. No obstante, aunque se han escrito innumerables beneficios en la salud física y mental, existe limitada evidencia de los efectos de este tipo de protocolo de entrenamiento en población colombiana físicamente inactiva. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación se centró en evaluar los efectos del entrenamiento concurrente sobre la condición física y la composición corporal en una cohorte de adultos físicamente inactivos de la ciudad de Bogotá.

Métodos: Se trata de un estudio clínico no controlado en 30 sujetos entre los 18 y 45 años, de ambos sexos, aparentemente saludables y físicamente inactivos. La intervención consistió en 36 sesiones de entrenamiento supervisado, con una frecuencia de tres días/semana, con sesiones de 1h/día, aplicando el Programa Orangetheory Fitness Training (OFT)TM, modalidad intra-sesión (resistencia aeróbica, fuerza y potencia). Como indicadores de la CFRS se midió para el componente morfológico indicadores antropométricos (peso, talla y circunferencias), y para la composición corporal (bioimpedancia octopolar SECA, mBCA 514). En el fitness muscular se aplicaron pruebas de salto de longitud sin impulso, salto vertical, dinamometría prensil, y expresión de la fuerza muscular en dos ejercicios específicos: sentadilla y press plano estimados con Encoder Lineal (T-Force®). La condición cardiorrespiratoria, se evaluó a través del equipo Cosmed K5®, usando el protocolo modificado de Balke, y la flexibilidad se determinó a partir de la prueba de *sit and reach*.

Resultados: Tras iniciar la intervención, cuatro participantes no terminaron las sesiones planeadas. Las razones de las pérdidas fueron ajenas a la intervención. En lo que respecta al primer componente (composición corporal y antropometría), observamos modificaciones estadísticamente significativas en los indicadores circunferencia de cintura (-2,3 cm), masa grasa (-1,15 kg) y masa magra (+0,96 kg). En el componente muscular y aeróbico, incrementos significativos fueron observados en todas las variables estudiadas (fuerza prensil +4 kg, salto de longitud +11 cm, salto vertical +5 cm, 1-RM sentadilla +18 kg, 1-RM press banco +3 kg, y VO₂máx +6,7 ml/kg/min), P<0,05. Estos resultados se acompañan con la mejora de la flexibilidad estimada con la prueba de *sit and reach* (+ 3,9 cm), P<0,001.

Conclusiones: A la luz de los resultados, se puede afirmar que 12 semanas de entrenamiento concurrente con intervalos de alta intensidad en días alternos, produce mejoras en la capacidad aeróbica, fuerza muscular, flexibilidad y modifica algunos parámetros antropométricos y de composición corporal en población físicamente inactiva. En un futuro será necesario establecer el papel del entrenamiento concurrente como una estrategia segura y costo-efectiva en especial en sujetos con otros factores de riesgo cardio-metabólicos.

Palabras clave: Ejercicio, Entrenamiento de Resistencia, Fuerza Muscular, Adulto (DeCS).

INTRODUCCIÓN

La condición física relacionada con la salud (CFRS), se define como un constructo dinámico de energía y vitalidad que permite a las personas llevar a cabo las tareas habituales de la vida diaria, disfrutar del tiempo de ocio activo, afrontar las posibles emergencias imprevistas sin un gran nivel de esfuerzo físico y a la vez ayuda a evitar enfermedades hipocinéticas caracterizadas por comportamientos sedentarios (1, 2). Este constructo de salud, incluyen la aptitud cardiorrespiratoria (consumo máximo de oxígeno, VO_2 máx), la aptitud motora (coordinación, velocidad y agilidad), la aptitud musculo esquelética (fuerza prensil y capacidad neuromuscular) y la composición corporal (1-3), que, a su vez, incluyen sub-componentes (ejemplo, el fitness metabólico que incluye el metabolismo de la glucosa, perfil lipídico, etc.)

La CFRS, o como mejor se la conoce hoy en día el “fitness”, es una variable que está cobrando valor, especialmente desde la perspectiva de la salud. En esta línea, importantes estudios prospectivos han mostrado que el VO_2 máx *-parámetro fisiológico que mejor representa la capacidad aeróbica-* es el predictor más importante de mortalidad por todas las causas, y en particular de muerte cardiovascular (4-9). En este sentido, se ha postulado la relación inversa entre menor CFRS y mayor prevalencia de enfermedades crónico-degenerativas (4-6). Por ejemplo, una baja aptitud cardiorrespiratoria por VO_2 máx influenciada principalmente por el comportamiento sedentario, incrementa en un 73% la probabilidad de muerte por todas las causas y está directamente relacionado con Síndrome Metabólico (7-9). Además, existe una reducción casi lineal de la mortalidad conforme se incrementa la capacidad aeróbica. Por ejemplo, se ha descrito que por cada aumento de 1 MET (unidad metabólica de energía) se incrementa un 12% la expectativa de vida en hombres, y un 17% en mujeres. Esto resulta más evidente si se considera sólo la mortalidad cardiovascular.

Numerosas evidencias epidemiológicas y experimentales han destacado la importancia del entrenamiento y la preservación del fitness musculoesquelético como indicadores de salud cardiovascular para todas las edades (10-12). Estudios longitudinales han evidenciado una relación inversa de la fuerza prensil y la fuerza máxima (componente de la condición física) con mayores factores de riesgo cardiovascular, tales como obesidad, glucosa alterada, bajo nivel de lipoproteínas de alta densidad, concentración elevada de triglicéridos, colesterol y aumento de la presión arterial (10-12).

Por otro lado, alteraciones en la composición corporal (exceso de adiposidad o cambios en el estado nutricional), a menudo se abordan como una condición o estado antropométrico disfuncional, a pesar de que se trata de un proceso dinámico caracterizado por la acumulación de adiposidad en el cuerpo. La adiposidad, por ejemplo, podría interferir en la relación de la condición física cardiorrespiratorio con la salud cardiovascular y metabólica. Así pues, sujetos obesos parecen necesitar dosis diferentes de ejercicio físico que los sujetos en normopeso para alcanzar resultados benéficos de salud.

El ejercicio físico supervisado genera respuestas fisiológicas, metabólicas y hormonales que dependen del tipo, intensidad y duración del esfuerzo realizado, así como del entrenamiento físico, edad, género y estado nutricional del individuo. En este sentido, se han puesto en práctica distintos protocolos de ejercicio denominados entrenamiento de intensidad moderada o continuo (13) entrenamiento de fuerza muscular, (14) ejercicios intervalados de alta intensidad (HIIT) (15) y combinaciones de entrenamiento continuo y fuerza muscular también conocido como entrenamiento concurrente (16). Este último definido como la combinación de dos o más cualidades físicas que se entrenan en una misma sesión (intra-sesión), mismo día (inter-sesión) o en días alternos (intra-microciclo) (18); y en varios estudios se han descrito diferentes beneficios en la fuerza muscular, (19) la capacidad aeróbica, (20) la composición corporal y el bienestar físico en general (20-22). Además, se ha demostrado (23-25) que esta metodología de entrenamiento, así como sus diferentes combinaciones e intensidades, reflejan diferentes desenlaces en salud; así como también, adaptaciones fisiológicas y metabólicas que impactan directamente factores asociados con la presencia de enfermedad cardiometabólica y la salud musculoesquelética (20, 26).

No obstante, aunque se han escrito innumerables beneficios del entrenamiento concurrente, existe limitada evidencia de los efectos de este tipo de protocolo en población colombiana inactiva. En este sentido, el papel del ejercicio supervisado como estrategia no farmacológica para mejorar los componentes de la CFRS, toma gran interés, pues según los datos de la última Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSIN-2015) (27) que se realizó en 151.343 sujetos y 44.202 hogares, un 56.4% de la población colombiana tiene sobrepeso+obesidad; mientras que el 49% de los adultos entre los 18 y 64 años de edad, no alcanzaron con el cumplimiento de las recomendaciones mínimas de actividad física sugeridas por la OMS.

Por consiguiente, sería de interés establecer el tipo y la dosis de ejercicio que serían suficientes para mejorar los componentes de la CFRS, pues la mayoría de los estudios revisados han sido realizados en regiones y contextos diferentes a la población Colombiana. Por lo anterior, este trabajo se ha centrado en evaluar los efectos del entrenamiento concurrente los componentes de la CFRS (composición corporal, fitness aeróbico, muscular y motor) en una cohorte de adultos físicamente inactivos de la ciudad de Bogotá.

MÉTODOS

Diseño del estudio y población.

Se trata de un estudio clínico no controlado en adultos entre los 18 y 45 años. Para ello, se incluyeron hombres y mujeres aparentemente saludables a partir de una valoración médico-deportiva, sin cirugía o trauma mayor en los últimos 30 días, que fuesen físicamente inactivos por auto-reporte del Cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ) (28), previa aceptación y firma por escrito del consentimiento informado. Se excluyeron mujeres embarazadas, sujetos con diabetes mellitus tipo 1 y 2, hipertensión o enfermedades autoinmunes. La muestra se recolectó por conveniencia hasta alcanzar el tamaño muestral sugerido a partir del método generalized estimating equation (GEE) (29) para estudios no controlados con pruebas pre y post- intervención. No obstante, se calculó un tamaño de muestra *a posteriori* para encontrar un tamaño de efecto de 0.50, en la capacidad aeróbica estimada por l/min, a partir de un estudio previamente realizado por Gibala et al. (30). Con estos supuestos estadísticos se podría evaluar la efectividad de la intervención, con un tamaño de muestra calculada *a posteriori* de 20 personas incluyendo el 20% de pérdidas. En total, 30 sujetos de ambos sexos fueron invitados a participar en este estudio. Este cálculo se realizó con el programa Power and Sample Size Calculations Version 2.1.23.

Procedimientos

En la primera cita, los adultos incluidos diligenciaron un formato de recolección de datos sobre aspectos demográficos y sociales, antecedentes personales, familiares, revisión por sistemas y examen físico por médico especialista de OFT. Posteriormente, se les citó en una segunda reunión para realizar los siguientes procedimientos para la evaluación de los componentes relacionados con la CFRS:

Antropometría y composición corporal: Para la composición corporal, se utilizó el equipo de bioimpedancia octopolar SECA (mBCA 514). A través de este equipo se tomaron datos como el

peso, porcentaje graso, masa muscular y masa libre de grasa. Para dicha prueba el sujeto debía estar en ayuna (8-12 horas) antes de la prueba, no haber consumido cafeína o alcohol 12 horas antes de la prueba, no haber consumido diuréticos 7 días antes de la prueba y no haber realizado ejercicio físico intenso 12 horas antes de la medida. A continuación, se midió la talla con un tallímetro SECA® 274 (Hamburgo, Alemania). Para ello, el sujeto debía estar de pie (sin zapatos), con los brazos extendidos en ambos lados del cuerpo, las palmas y dedos de las manos rectos y extendidos hacia abajo, con la mirada al frente (plano Frankfurt) y con el peso corporal distribuido equitativamente en ambos pies. Luego, se midió la circunferencia de cintura con cinta métrica Lufkin ® con escala de 0 a 200 cm. Se pasó la cinta trazando una línea horizontal entre el punto medio entre la última costilla y la cresta iliaca. El sujeto debía estar de pie, con los brazos extendidos, las palmas y dedos de las manos rectos y extendidos hacia abajo, con la mirada fija al frente y su peso corporal distribuido equitativamente en ambos pies. En esa postura se realizaron dos mediciones al final de una exhalación normal y donde la diferencia entre medidas debía ser de menos de 0.5 cm (32). El índice de masa corporal (IMC) se calculó con las mediciones basales de peso y altura al ingreso del registro mediante la siguiente fórmula: $IMC = \text{peso (kg)} / \text{talla}^2 \text{ (m)}$. Para describir las características nutricionales de acuerdo con el nivel de IMC se definieron cuatro grupos de acuerdo con su IMC en 20 a 24,99 kg/m² (normopeso), 25 a 29,99 kg/m² (sobrepeso) y 30 o más kg/m² (obesidad). Todas las medidas se realizaron a partir de las recomendaciones del International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) (31).

Fitness muscular: Se evaluó mediante la determinación de cinco pruebas: la primera fue salto de longitud sin impulso, la segunda salto vertical, la tercera dinamometría prensil, la cuarta y la quinta fueron pruebas que evaluaron la potencia muscular en dos ejercicios específicos sentadilla media y press plano. En la primera y segunda prueba se midió la máxima distancia de salto alcanzada en dos intentos como indicador de fuerza explosiva de las extremidades inferiores. El tercer indicador se determinó a partir de dinamometría prensil como referente para evaluar la fuerza máxima de prensión manual mediante dinamómetro digital Takei TKK 540® (rango 5-100 kg) con dos intentos alternativos con cada mano en una posición estandarizada, de pie, con los brazos paralelos al cuerpo sin contacto alguno, como indicador de fuerza del tren superior. El valor crudo de fuerza máxima prensil (FMP) se normalizó mediante la fórmula: (promedio del FMP en kg / peso corporal en kg). Para estimar la potencia se utilizó un equipo isoinercial marca Encoder Lineal (T-Force®) que permite, a través de la velocidad medir la potencia con que el sujeto desplaza una carga

determinada. El sujeto realizó dos ejercicios en la máquina Smith: sentadilla y press plano. Se realizaron series de dos repeticiones con descansos de un (1) minuto y se realizaron incrementos progresivos en la carga de 10 kilos por cada serie hasta que la velocidad en el ejercicio de sentadilla estuvo por debajo de 0,25 y en el press plano por debajo de 0,20.

Condición cardiorrespiratoria: Se evaluó a través del equipo Cosmed K5®, que estima de manera indirecta los niveles de oxígeno, dióxido de carbono y otros parámetros ventilatorios como sustratos metabólicos, ventilación minuto, umbral ventilatorio, etc. Para ello, los participantes realizaron una prueba de esfuerzo en banda sinfín (CYBEX 625T®), usando el protocolo de test de Balke modificado (33). En el caso de los hombres se inició el trabajo a una velocidad de 5,4 km/h y una inclinación de cero (0). Cada minuto se hicieron incrementos de un grado de inclinación hasta el minuto quince (15), a partir de este minuto se aumentó un (1) km/h a la velocidad hasta que el participante llegara al 85% de su FC_{máx} o el RQ (cociente respiratorio) estuviera por encima o igual a 1,06, momento en el cual se procedía a realizar la recuperación del sujeto. En mujeres, se aplicó la prueba de esfuerzo con una velocidad inicial de 4,8 Km/h, y cada 3 minutos se hicieron incrementos de inclinación de 2.5 hasta llegar al minuto 15. Después de ese momento se aumentó un Km/h la velocidad cada 3 minutos hasta que la participante llegará al 85% de su FC_{máx} o el RQ estuviera por encima o igual a 1,06, momento donde se procedía a realizar la recuperación.

Flexibilidad: Para evaluar este indicador, se realizó el test *sit and reach*. Durante la realización de esta prueba, el sujeto debía estar sentado en el suelo, descalzo y con la planta de los pies apoyadas sobre la base del cajón de medición. El sujeto debía poner una mano sobre la otra y sin flexionar las rodillas, debía doblar el tronco hacia adelante sobre la superficie del cajón empujando una regla de medición hasta el punto máximo de elongación que lograra alcanzar. Una vez en ese punto, el sujeto debía sostener la elongación por tres segundos. Se realizaron dos intentos con tiempos de descanso de 10 segundos. Las dimensiones del cajón son de 35*45*32 centímetros.

Intervención con entrenamiento concurrente

Los participantes del estudio realizaron 36 sesiones de entrenamiento, con una frecuencia de tres días a la semana en sesiones de entrenamiento de 1 hora por día en el centro de acondicionamiento físico Orangetheory Fitness Training (OFT)TM, con un protocolo de entrenamiento que enmarca principalmente los componentes de entrenamiento concurrente intra-sesión (fuerza, resistencia y potencia).

Para el componente de fuerza se tuvo en cuenta el cálculo de intensidad a partir de la RM (repetición máxima) a partir de los protocolos y recomendaciones del American College of Sports Medicine (ACSM) (34). En este componente, los sujetos entrenaron a una intensidad entre 40 y 80% del RM tomado previo a la intervención con ejercicio. En general los participantes realizaron tres ejercicios de tres series por doce repeticiones y entre 1 y 3 bloques por cada sesión. El tiempo de trabajo de este componente fue aproximadamente de 15 minutos. Es necesario aclarar que la metodología OTF no repitió sesiones de entrenamiento, motivo por el cual los datos fueron promediados a partir de las 36 sesiones de entrenamiento programados.

En el componente de potencia, los participantes usaron una máquina remo Waterrower WAT-M1-Lorise® en modo potencia/velocidad, con una carga de trabajo en 1 watts por kg de peso, con una duración de aproximadamente de 15 minutos y un promedio de 3 a 5 series por sesión, hasta alcanzar una distancia que oscilaba en el rango de entre 818 y 1505 metros.

En el componente de resistencia aeróbica, los participantes usaron la banda sinfín sport fitness free motion CLF95TI® en modo interválico, a una intensidad de entre 71 y 83% de la FCmáx, tomada con monitor cardiaco Beat Flex®. Este componente tenía una duración de 15 a 30 minutos por sesión con series de 1 a 3 por sesión de entrenamiento. La **Tabla 1**, resume la programación implementada durante las 36 sesiones realizadas en este trabajo bajo la metodología OTF.

Tabla 1. Características principales del programa de entrenamiento y promedio de zonas de intensidad.

Características		Promedio	Mediana	Rango (min-máx)
<i>Entrenamiento de fuerza</i>				
1RM extremidades superiores (%)		74,19	76,00	34 (53-87)
1RM extremidades inferiores (%)		75,41	75,00	24(65-89)
Repeticiones (número)		13	13	8 (10-18)
Series (número)		3	3	1 (2-3)
<i>Entrenamiento de potencia</i>				
Potencia en remo (w)		119,8	121,20	114 (70-184)
Distancia (m)		1133	1111	683 (818-1505)
<i>Entrenamiento de Resistencia</i>				
Velocidad (km/h)		9,2	8,4	7,2 (6,8-14,0)
Inclinación (%)		8,53	8,0	10,0 (4,0-14,0)
Distancia (m)		2588	2572	1326 (1951-3277)
<i>Promedio de tiempo por zonas</i>				
Zona gris (min)	<60%	5,12	4,36	17,7 (2,0-18,6)
Zona azul (min)	61-70%	7,32	6,90	9,5 (2,0-11,6)
Zona verde (min)	71-83%	21,7	21,43	19 (11,3-30,5)
Zona naranja (min)	84-90%	14,19	13,00	19 (4,8-24,6)
Zona roja (min)	>91%	2,36	1,90	8,20 (1,0-8,2)

Consideraciones éticas: El protocolo del proyecto ha sido revisado y aprobado por el Comité de Ética de Investigación en Humanos del Centro Coordinador, y cumple con la Declaración de Helsinki y la Resolución 08430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia. El estudio inicio el 1 de febrero del 2017 y finalizó el 5 de marzo del 2018. Las mediciones de antropometría y composición corporal, así como las variables del fitness aeróbico, fitness motor y fitness muscular se tomaron en el centro de estudios en medición en actividad física (CEMA), adscrito a la Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud del Colegio Mayor Nuestra Señora del Rosario.

Análisis estadístico

En el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico SPSS v.21 IBM para Windows. Se aplicaron las pruebas de *Kolmogorov-Smirnov* y de *Levene* para comprobar la normalidad y la homocedasticidad de la muestra, respectivamente. Los valores continuos se expresaron como media y ($\pm$) desviación estándar y las proporciones en porcentaje (IMC). Se utilizó la *t* de Student para estimar los cambios de la intervención por cada indicador. El nivel de significación se estableció en $p < 0,05$.

RESULTADOS

Características de la población.

La muestra inicial estuvo conformada por 15 mujeres y 15 hombres, con edad promedio de 33 años con un peso promedio de 73.1 kg, IMC promedio de 25,3 kg/m², porcentaje grasa promedio de 30,8 % y circunferencia de cintura promedio de 85,3 cm. Tras iniciar la intervención, cuatro participantes no terminaron las sesiones planeadas. Las razones de las pérdidas fueron, uno por restricción médica (ajena a la intervención), otro por datos incompletos/extremos y dos por voluntad propia (cambio de domicilio).

Efectos de la intervención.

En la **Tabla 2**, se presentan las características e indicadores de la CFRS de la población que finalizo el estudio (análisis por intención a tratar). Respecto al componente de composición corporal y antropometría, se puede destacar la disminución significativa en la masa grasa en kg ($P=0,003$); la circunferencia de cintura ($P<0,001$), y el aumento en la masa magra en kg ($P<0,001$), tras 12 semanas de intervención. No se encontraron diferencias en las otras variables (peso, IMC, o porcentaje de masa muscular/grasa). En cuanto, al componente musculoesquelético, se puede observar incrementos estadísticamente significativos en todas las variables estudiadas ($P<0,05$).

Además, los indicadores del fitness cardiorrespiratorio por VO₂máx, se incrementaron significativamente (P<0,010). Finalmente, se observó una mejora estadísticamente significativa en la variable de flexibilidad medida con la prueba de test de *sit and reach* (P<0,001).

TABLA 2. Análisis por intención a tratar de las variables de condición física relacionada con la salud de la población estudiada.

	Pre intervención	Post intervención	P-value
<i>Composición corporal y antropometría</i>			
Peso (kg)	73,1 (16,6)	72,9 (16,1)	0,651
Índice de masa corporal (kg/m ²)	25,38 (5,06)	25,23 (4,83)	0,347
Categorías del índice de masa corporal (N, %)			
Normopeso	13, 50	15, 58	0,241
Sobrepeso	7, 27	7, 27	
Obesidad	6, 23	4, 15	
Circunferencia de cintura (cm)	85,3 (14,95)	83,6 (13,88)	<0,001
Masa grasa (%)	30,8 (7,47)	29,6 (6,16)	0,086
Masa grasa (kg)	22,88 (8,07)	21,72 (7,87)	0,003
Masa muscular (kg)	50,21 (10,11)	51,17 (10,02)	<0,001
<i>Fitness muscular</i>			
Fuerza prensil (kg)	28 (8)	32 (9)	<0,001
Salto largo (cm)	136,9 (27,2)	148,0 (27,6)	<0,001
Salto vertical (cm)	30,61 (4,50)	35,31 (5,92)	<0,000
1 RM sentadilla (kg)	45 (19)	58 (21)	<0,001
1 RM relativa sentadilla (kg·kg ⁻¹)	0,606 (0,20)	0,815 (0,24)	<0,001
1 RM press banco (kg)	29 (18)	32 (16)	0,049
1 RM relativa press banco (kg·kg ⁻¹)	0,377 (0,19)	0,463 (0,19)	0,013
<i>Variables temporales y mecánicas (Sentadilla)</i>			
Duración en fase concéntrica (ms)	1443 (355)	1317 (362)	0,078
Velocidad en fase concéntrica (m·s ⁻¹)	0,343 (0,09)	0,335 (0,07)	0,655
Fuerza propulsiva (N)	439 (188)	572 (207)	<0,001
Potencia propulsiva (W)	146 (63)	191 (78)	<0,001
<i>Variables temporales y mecánicas (press banco)</i>			
Duración en fase concéntrica (ms)	1562 (503)	1698 (486)	0,226
Velocidad en fase concéntrica (m·s ⁻¹)	0,263 (0,07)	0,262 (0,08)	0,929
Fuerza propulsiva (N)	284 (176)	313 (161)	0,048
Potencia propulsiva (W)	74 (49)	83 (57)	0,208
<i>Fitness aeróbico</i>			
VO ₂ máx (l/min)	2593,7 (122,2)	3465,6 (129,6)	<0,001
VO ₂ máx (ml/min/kg)	35,49 (1,67)	42,19 (1,77)	0,010
<i>Fitness motor</i>			
Flexibilidad (cm)	16,07 (8,87)	19,97 (8,67)	<0,001

Los valores continuos se expresaron como media y (±) desviación estándar y las proporciones en porcentaje (%). Diferencias estimadas con la prueba *t* de Student, excepto en la variable IMC que se estimó por Chi cuadrado de *Pearson*.

DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del entrenamiento concurrente sobre distintos indicadores de la condición física en una cohorte de adultos físicamente inactivos de la ciudad de Bogotá, Colombia. En general, se ha reportado que el entrenamiento concurrente con la programación intra-sesión (fuerza seguida de resistencia aeróbica), es capaz de mejorar la calidad de vida, la condición física, la densidad mineral ósea, además de modificar la presión arterial, la composición corporal, y varios parámetros metabólicos relacionados con el control glicémico y lipídico (6,19-22).

Efectos en la composición corporal y antropometría.

En lo que respecta al primer componente (composición corporal y antropometría), observamos diferencias estadísticamente significativas en los indicadores circunferencia de cintura ($-2,3$ cm), masa grasa en Kg ($-1,15$ kg) y masa magra ($+0,96$ kg). Estos resultados coinciden con lo previamente obtenido por Mehrabani et al. (35), quien aplicando un protocolo de entrenamiento concurrente intra-sesión (aeróbico-fuerza), en 23 sujetos obesos sedentarios con una edad media de 32 años, tres veces a la semana por ocho semanas, reportan cambios en las variables peso corporal ($-3,5$ kg), circunferencia de cintura (-2 cm) y disminución del IMC en (1,2 unidades). En esta misma línea, Sheikholeslami-Vatani et al. (36) comparando dos grupos de entrenamiento (entrenamiento concurrente y entrenamiento aeróbico) con una metodología intra-sesión (aeróbico-fuerza), en 30 sujetos varones obesos físicamente inactivos (edad media 23 años), tres días a la semana por ocho semanas, reporta mejoras en la disminución de la masa grasa (-5.7 kg), porcentaje de masa grasa ($-4,9\%$), e IMC (1,3 unidades). Contrariamente, Aguiar et al. (23), reporta tras 6 meses de aplicación de un programa intra-sesión (aeróbico-fuerza), tres veces a la semana ausencia de cambios en el componente antropométrico, explicado en parte, a la intensidad moderada utilizada en dicho estudio, a la edad de las participantes (59 años) y a la ausencia del control nutricional durante la intervención. En esta misma línea, Mamen et al. (37), realizando una intervención con una programación intra-sesión (aeróbico-fuerza), tres veces por semana por dos meses, reportan que las variables IMC, circunferencia de cintura, y porcentaje grasa corporal, no se modificaron significativamente, en parte al intervalo de tiempo que fue relativamente corto aplicado en el entrenamiento y a la ausencia del control nutricional. A partir de los resultados obtenidos en nuestro estudio, se hace imperativo resaltar la importancia de la mejora en este tipo de indicadores, puesto que, se ha demostrado que niveles elevados de masa grasa y en particular masa grasa central, son factores independientes de riesgo de enfermedad cardiovascular (38) como la aterosclerosis y rigidez arterial, (39, 40), induciendo a la aparición de algunos tipos de cánceres

(41, 42). Respecto a la circunferencia de cintura, reportamos una disminución (-2 cm), resultado benéfico por su relación como factor protector de enfermedad cardiovascular (43, 44, 45). A pesar de las disparidades reportadas en los estudios previos, este trabajo respalda la recomendación actual del ejercicio físico en adultos (combinación de entrenamiento aeróbico+fuerza), como una intervención eficaz dirigida a la modificación de los indicadores de la composición corporal, incluso en ausencia de un patrón nutricional supervisado (dieta saludable).

Efectos en el fitness muscular.

Los resultados de este trabajo muestran mejoras estadísticamente significativas en todas las variables del desempeño muscular (fuerza prensil $+4$ kg, salto de longitud $+11$ cm, salto vertical $+5$ cm, 1-RM sentadilla $+18$ kg, 1-RM press banco $+3$ kg, y en algunas de las variables temporales y mecánicas estimadas por metodología iso-inercial). Estos hallazgos concuerdan con lo reportado por Adolf et al. (46), quien, aplicando un programa de entrenamiento concurrente con intervalos de alta intensidad en 14 mujeres físicamente activas, siguiendo la metodología intra- sesión (fuerza- aeróbico), 3 veces por semana por 3 meses de duración, demuestra mejoras significativas en el aumento de la fuerza en el ejercicio de sentadilla ($+11,6$ lb), press banca ($+13,8$ lb) y salto vertical ($+2,7$ cm). De igual manera, Varela-Sanz et al. (47) aplicando un protocolo de entrenamiento concurrente intra-sesión (fuerza- aeróbico) en 40 sujetos moderadamente activos, 3 veces por semana por dos meses, observa ganancias significativas de la fuerza máxima (RM) del press plano ($+23$ lb), sentadilla media ($+36$ lb) y salto vertical ($+3$ cms). No obstante, se han reportado diferencias significativas en función del orden del entrenamiento intra-sesión (43-45). Se sugiere así, que en una etapa temprana del entrenamiento concurrente (días/semanas), las respuestas del musculo esquelético serian similares, pero con el paso del tiempo (meses), comenzaría a incrementarse el fenómeno de interferencia, limitando las respuestas del musculo y disminuyendo el crecimiento y desarrollo de la masa muscular y/o la ganancia de fuerza muscular. En este sentido, se ha reportado que el orden en la programación del entrenamiento concurrente (intra-sesión) debe considerarse como variable dependiente en términos del efecto de la intervención. Por ejemplo, Moritz Schumann et al. (19), comparando tres protocolos de entrenamiento concurrente: Grupo 1 (aeróbico- fuerza), Grupo 2 (fuerza-aeróbico) y Grupo 3 (días alternos), 3 x días a la semana, por 2 años, demuestra que la respuesta al entrenamiento por parte de los hombres evaluados en el Grupo 1 (aeróbico- fuerza), generaba mayor acumulación de lactato y de fatiga muscular, relación que imposibilita al músculo para producir la máxima tasa de desarrollo de fuerza.

En este sentido, los posibles efectos en el fitness muscular no solo obedecen al orden del entrenamiento sino también al nivel de aptitud física de base de la población estudiada. Aunado a lo anterior, la distribución polarizada del entrenamiento puede ser un factor que atenúa el fenómeno de interferencia y los cambios pueden atribuirse a la intensidad, al orden y a las cargas de entrenamiento, todos ellos factores decisivos en la minimización del efecto interferencia. No obstante, este efecto no fue observado.

Así, los resultados de este estudio en el componente muscular se pueden interpretar desde dos puntos de vista. El primero a nivel biomolecular y el segundo desde las características del programa de entrenamiento. A nivel biomolecular, dos recientes revisiones sistemáticas con meta-análisis (68,69), han descrito que el entrenamiento concurrente de alta intensidad recluta del mismo grupo de unidades motoras, especialmente cuando se realiza a intensidades mayores al 90% del $\text{VO}_2\text{máx.}$ Por ejemplo, Sabag et al. (68) señala que la producción de energía durante el entrenamiento de alta intensidad o HIIT, es generalmente de naturaleza glucolítica, de manera que la acumulación de subproductos como el lactato, iones de hidrógeno, entre otros, al interior del sarcoplasma, inhibe la fuerza contráctil ocasionando fatiga periférica y el posterior efecto interferencia; y según su investigación, se presenta únicamente en los grupos musculares predominantes durante la realización del HIIT, explicando en parte, la ausencia del fenómeno de interferencia en los componentes de fuerza y potencia de los grupos musculares estudiados en su meta-análisis. En segunda instancia, el trabajo de alta intensidad estudiado es su síntesis de evidencia, tuvo en promedio un 33% del total de la sesión (media de tiempo=18,3 min), explicando parcialmente la ausencia del efecto interferencia, y demostrando mejoras en algunas variables de la CFRS como circunferencia de cintura, porcentaje de grasa o fitness cardiorrespiratorio. En este sentido, los resultados de este estudio, cobran importancia pues demostramos que 12 semanas de entrenamiento concurrente con la metodología OFT, generan incrementos en la fuerza máxima (estimada por RM, mediante transductores iso-inerciales, Encoder T-Force®) y mejoras en la masa muscular (estimada por bio-impedancia eléctrica octopolar, SECA m514®), suponiendo que, la mejora en este tipo de variables son estrategias efectivas para prevenir el deterioro muscular, los cuales se relacionan estrechamente con la presencia de factores de riesgo metabólico tales como la resistencia a la insulina, la obesidad central, o la pérdida de la capacidad cardiorrespiratoria (49, 50). Adicionalmente, se ha reportado que menores niveles de masa muscular y fuerza prensil

(dinapenia), se asocian con sarcopenia, funcionalidad alterada y con el aumento de morbilidad y mortalidad por todas las causas (50).

Efectos en el fitness aeróbico.

El componente aeróbico estimado en este trabajo, fue determinado mediante calorimetría indirecta con el equipo Cosmed K5®, usando el protocolo en banda incremental test de Balke modificado (33). Nuestros resultados son consistentes a los observados por Chtara et al. (18), donde reportan incrementos significativos en el $\text{VO}_2\text{máx}$ (+13.7% ml/kg/min) y el umbral ventilatorio (+8.6%), $P < 0.001$. Estos hallazgos fueron observados en una cohorte de 48 sujetos físicamente activos con edad media de 21 años, con un protocolo de entrenamiento concurrente (aeróbico-fuerza), 2 veces por semana por 3 meses de seguimiento. Según Chtara et al. (18), las mejoras en el $\text{VO}_2\text{máx}$ obedecen al cambio en la bioenergética de las fibras tipo I y a los cambios en las proporciones de los subtipos de fibras tipo II (a-x), aunado a las modificaciones en las propiedades neuromusculares y contráctiles de las miofibrillas tras el entrenamiento concurrente. En la misma línea, Kūismaa et al. (20), reportó cambios similares en 72 sujetos físicamente inactivos utilizando diferentes modalidades del entrenamiento concurrente. La población fue dividida en cuatro subgrupos, pero sólo la metodología intra-sesión (aeróbico-fuerza), se observaron mejoras significativas en el fitness aeróbico (+5.4% ml/kg/min, $p < 0.001$), cambios explicados en parte al orden del entrenamiento. En contraste, Aguiar et al. (23) no reportó cambios utilizando la metodología intra-sesión del entrenamiento concurrente con 80 mujeres con edad promedio de 59 años y físicamente inactivas. El protocolo de intervención fue de tres veces a la semana por seis meses con intensidad moderada. El autor sostiene que dicho protocolo de entrenamiento no era el adecuado para ese tipo de población (edad avanzada), por lo tanto, los resultados en este indicador de salud no alcanzaron los umbrales considerados como saludables (valores > 40 ml/kg/min). En este sentido, se resalta la necesidad de identificar la capacidad de respuesta de este tipo entrenamientos en población mayor. Además, otra causa de limitación de la población fue el tamaño de muestra ($n = 10$) y la ausencia de un grupo control.

En complemento, los hallazgos en el componente aeróbico de este reporte siguen la línea de los arrojados por el componente de antropometría y composición corporal más exactamente en la variable masa grasa. Puesto que, los sujetos que participaron en este estudio mejoraron el $\text{VO}_2\text{máx}$ relativo y absoluto de manera significativa, se ha sugerido (19) que individuos con niveles altos en

el VO₂máx, tienden a oxidar mayor cantidad de lípidos en intensidades máximas y submáximas, debido a la eficiencia en la oxidación de lípidos (FATmáx). Además, nuestros datos permiten evidenciar la respuesta adaptativa en la capacidad del músculo esquelético para aumentar el volumen sistólico y la ventilación mínima íntimamente relacionada con la frecuencia cardiaca y al volumen tidal, así como también aumento de fibras capilares y aumento del flujo sanguíneo muscular (62, 63). Así pues, las mejoras en el VO₂máx se asocian inversamente con el desarrollo de enfermedad cardiovascular precoz (64), lo que permite concluir que el entrenamiento concurrente, sin cambios en la alimentación, no solo disminuye la adiposidad corporal/abdominal, y mejora el fitness muscular, y al mismo tiempo incrementa el fitness cardiorrespiratorio en adultos colombianos sedentarios. En este sentido, se ha reportado que el VO₂máx es un predictor independiente de todas las causas de mortalidad y el riesgo de muerte se reduce un 13% por cada 3.5 ml/kg/min de VO₂max o METs que se incrementa (64, 65). De acuerdo a esto, consideramos que los participantes de este estudio redujeron su riesgo de muerte por enfermedad cardiovascular pues encontramos una mejoría de (+6,7 ml/kg/min), equivalente a 1,9 MET's hallazgo consistente al reportado en previos estudios (16, 66, 67).

A pesar que algunos ensayos clínicos y meta-análisis hacen hincapié en la interferencia que produce el entrenamiento concurrente y su efecto inhibitor sobre la capacidad aeróbica, recientes estudios (68, 69) han concluido que cuando el entrenamiento aeróbico se realiza en bicicleta a altas intensidades, no afectan negativamente el consumo de oxígeno, hallazgo que concuerda con nuestro estudio. A la luz de estos resultados, se puede concluir que el entrenamiento concurrente utilizando la modalidad HIIT o intervalos (en banda sin fin) y entrenamiento de resistencia en simultáneo, no induce el efecto de interferencia en el VO₂máx previamente informado en anteriores estudios.

Efectos en la flexibilidad.

Nuestros hallazgos son consistentes a los obtenidos en los reportes de Sekendiz et al. (55), Arazi et al. (56) y Takeshima et al. (57) con la prueba de *sit and reach*, en individuos sedentarios usando un protocolo de intervención similar a descrito en este reporte (3 veces x semana, 3 meses de duración, intra-sesión aeróbico+fuerza). En este sentido, se puede concluir que el incremento de este estudio (+3,9 cm), se puede explicar en parte a la disminución en la resistencia de las estructuras de los tejidos del músculo, así como también en el suministro de nutrientes hacia las

diferentes estructuras de las articulaciones con la ayuda del líquido sinovial (que posibilita el transporte de nutrientes al cartílago), mejorando así, las propiedades elásticas del tejido conectivo (58, 59).

LIMITACIONES Y FORTALEZAS

Las principales limitaciones del presente estudio son las inherentes a su carácter experimental no controlado. Este tipo de diseño se basa en la medición y comparación de las variables respuesta antes y después de la exposición del sujeto a la intervención experimental. Los diseños antes-después con un sólo grupo permiten al investigador manipular la exposición, pero no incluyen un grupo de comparación. En este sentido, cada sujeto actúa como su propio control. Esta limitación se debe a que los sujetos que participaban en este estudio se inscribían en el programa OFT, y por tanto la asignación de un grupo de control (sin ejercicio u otro programa) era restringido. Si bien el número de participantes incluidos en nuestro estudio fue relativamente pequeño, representando una eventual limitación, los pocos estudios publicados hasta la fecha sobre este tema en particular, son aún más pequeños y carecemos de datos en población Colombiana. Se requieren estudios adicionales e información recolectada por medios directos como por ejemplo biopsias musculares, para definir la evolución biomolecular en el músculo y posteriores sucesos (ejemplo: efecto interferencia). Otra limitación fue que utilizamos bioimpedancia eléctrica para evaluar las variables de composición corporal; y varios autores no consideran este método "estándar de oro". Sin embargo, nuestro grupo de investigación previamente demostró que la medición de la composición corporal por bioimpedancia eléctrica era fiable, cuando se comparaba con una medida "estándar de oro" como el dual-energy X-ray absorptiometry (70). De igual manera, se hace imperativo controlar el factor dietario para estimar con mayor exactitud los cambios a nivel antropométrico y de composición corporal, como los observados en este trabajo. Por último, se conoce que los efectos del entrenamiento concurrente se ven afectados por la edad, el estado nutricional y la genética, nuestros hallazgos no pueden generalizarse a otras poblaciones con características diferentes. Estas limitaciones son importantes y deberán abordarse en el futuro.

Como fortaleza, destacamos que se trata del primer estudio que se realiza en Colombia aplicando un protocolo de entrenamiento concurrente en sujetos físicamente inactivos, utilizando la modalidad Orange Theory FitnessTM. Así pues, el orden del entrenamiento, la metodología y la

intensidad, pueden ser considerados factores importantes en la respuesta adaptativa en este tipo de entrenamiento, sin reportarse el efecto interferencia.

CONCLUSIONES

A la luz de los resultados, se puede afirmar que 12 semanas de entrenamiento concurrente con intervalos de alta intensidad en días alternos, produce mejoras en la capacidad aeróbica, la fuerza muscular, y parámetros antropométricos y de composición corporal en población físicamente inactivos. Además, se observó una mejora estadísticamente significativa en la variable de flexibilidad medida con la prueba de test de *sit and reach* ($P < 0,001$). Nuestros datos también sugieren que la interferencia adaptativa en el componente de fuerza muscular no es una consecuencia inevitable del entrenamiento concurrente, por lo que, se hace necesario realizar intervenciones con población físicamente inactiva para develar si la adaptación aeróbica, muscular y cambios antropométricos muestran hallazgos similares a corto plazo, como los reportados en este trabajo.

PERSPECTIVA Y SIGNIFICANCIA

Nuestros hallazgos ofrecen evidencias experimentales que sustentan la práctica regular del entrenamiento de alta intensidad en personas físicamente inactivas. También demuestra que un programa supervisado de HIT+fuerza/potencia sin modificar la ingesta dietética son una estrategia útil para reducir algunos de los factores de riesgo más relevantes asociados a mortalidad por todas las causas. En un futuro será necesario establecer el papel del entrenamiento concurrente como una estrategia segura y costo-efectiva en especial en sujetos con factores de riesgo cardio-metabólicos.

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su agradecimiento a todos los participantes y entrenadores de la franquicia Orange Theory FitnessTM que participaron en este estudio.

REFERENCIAS

1. Bouchard CE, Shephard RJ, Stephens TE, editors. Physical activity, fitness, and health: International proceedings and consensus statement. International Consensus Symposium on Physical Activity, Fitness, and Health, 2nd, May, 1992, Toronto, ON, Canada; 1994: Human Kinetics Publishers.
2. Medicine ACoS. ACSM's health-related physical fitness assessment manual: Lippincott Williams & Wilkins; 2013.
3. Rodríguez Valero FJ, Gualteros JA, Torres JA, Umbarila Espinosa LM, Ramírez-Vélez R. Asociación entre el desempeño muscular y el bienestar físico en niños y adolescentes de Bogotá, Colombia. *Nutrición Hospitalaria*. 2015;32(4).
4. Bai Y, Chen S, Laurson KR, Kim Y, Saint-Maurice PF, Welk GJ. The associations of youth physical activity and screen time with fatness and fitness: the 2012 NHANES national youth fitness survey. *PloS one*. 2016;11(1):e0148038.
5. Organización Mundial de la Salud OMS | Directrices y Recomendación Mundiales de Actividad física. WHO. 2017.
6. Kim Y, White T, Wijndaele K, Westgate K, Sharp SJ, Helge JW, et al. The combination of cardiorespiratory fitness and muscle strength, and mortality risk. *European journal of epidemiology*. 2018;1-12.
7. Greer AE, Sui X, Maslow AL, Greer BK, Blair SN. The effects of sedentary behavior on metabolic syndrome independent of physical activity and cardiorespiratory fitness. *Journal of Physical Activity and Health*. 2015;12(1):68-73.
8. de Rezende LFM, Rey-López JP, Matsudo VKR, do Carmo Luiz O. Sedentary behavior and health outcomes among older adults: a systematic review. *BMC public health*. 2014;14(1):333.
9. Hagnäs MJ, Kurl S, Rauramaa R, Lakka TA, Mäkitallio TH, Savonen K, et al. The value of cardiorespiratory fitness and exercise-induced ST segment depression in predicting death from coronary heart disease. *International journal of cardiology*. 2015;196:31-3.
10. Steene-Johannessen J, Anderssen SA, Kolle E, Andersen LB. Low muscle fitness is associated with metabolic risk in youth. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2009;41(7):1361-7.
11. Vaara J, Fogelholm M, Vasankari T, Santtila M, Häkkinen K, Kyröläinen H. Associations of maximal strength and muscular endurance with cardiovascular risk factors. *International journal of sports medicine*. 2014;35(04):356-60.
12. García-Hermoso A, Cavero-Redondo I, Ramírez-Vélez R, Ruiz JR, Ortega FB, Lee D-C, et al. Muscular Strength as a Predictor of All-Cause Mortality in an Apparently Healthy Population: A Systematic Review and Meta-Analysis of Data From Approximately 2 Million Men and Women. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2018.

13. Milanović Z, Sporiš G, Weston M. Effectiveness of high-intensity interval training (HIT) and continuous endurance training for VO₂max improvements: a systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Sports medicine*. 2015;45(10):1469-81.
14. Fleck SJ, Kraemer WJ. Fundamentos do treinamento de força muscular: Artmed Editora; 2017.
15. Gillen JB, Gibala MJ. Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness? *Applied physiology, nutrition, and metabolism*. 2013;39(3):409-12.
16. Wilson JM, Marin PJ, Rhea MR, Wilson SM, Loenneke JP, Anderson JC. Concurrent training: a meta-analysis examining interference of aerobic and resistance exercises. *The Journal of Strength & Conditioning Research* [Internet]. 2012; 26(8):[2293-307 pp.].
17. Fyfe JJ, Loenneke JP. Interpreting Adaptation to Concurrent Compared with Single-Mode Exercise Training: Some Methodological Considerations. *Sports Medicine*. 2017:1-9.
18. Chtara M, Chamari K, Chaouachi M, Chaouachi A, Koubaa D, Feki Y, et al. Efectos de la Secuencia del Entrenamiento Concurrente de Fuerza y Resistencia Dentro de la Sesión Sobre el Rendimiento y la Capacidad Aeróbica-G-SE. *Revista de Entrenamiento Deportivo*. 2015;29(4).
19. Schumann M, Yli-Peltola K, Abbiss CR, Häkkinen K. Cardiorespiratory adaptations during concurrent aerobic and strength training in men and women. *PloS one*. 2015;10(9):e0139279.
20. Kūismaa M, Schumann M, Sedliak M, Kraemer WJ, Newton RU, Malinen J-P, et al. Effects of morning versus evening combined strength and endurance training on physical performance, muscle hypertrophy, and serum hormone concentrations. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2016;41(12):1285-94.
21. MacNeil LG, Glover E, Bergstra TG, Safdar A, Tarnopolsky MA. The order of exercise during concurrent training for rehabilitation does not alter acute genetic expression, mitochondrial enzyme activity or improvements in muscle function. *PloS one*. 2014;9(10):e109189.
22. Fyfe JJ, Bishop DJ, Zacharewicz E, Russell AP, Stepto NK. Concurrent exercise incorporating high-intensity interval or continuous training modulates mTORC1 signaling and microRNA expression in human skeletal muscle. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 2016;310(11):R1297-R311.
23. Aguiar REM, Teixeira CV, Paulino H, Pauli JR, Medeiros A, Cerrone LA, et al. Effects of concurrent training on morphological and functional parameters and blood pressure in hypertensive women. *Rev bras ciênc mov*. 2017;25(3):53-60.
24. Jones TW, Howatson G, Russell M, French DN. Effects of strength and endurance exercise order on endocrine responses to concurrent training. *European journal of sport science*. 2017;17(3):326-34.
25. Fyfe JJ, Bishop DJ, Stepto NK. Interference between concurrent resistance and endurance exercise: molecular bases and the role of individual training variables. *Sports medicine*. 2014;44(6):743-62.

26. Wong P-I, Chaouachi A, Chamari K, Dellal A, Wisloff U. Effect of preseason concurrent muscular strength and high-intensity interval training in professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010;24(3):653-60.
27. Colombia Gd. Encuesta Nacional de la Situación Nutricional - ENSIN 2015. 2015.
28. Van Holle V, De Bourdeaudhuij I, Deforche B, Van Cauwenberg J, Van Dyck D. Assessment of physical activity in older Belgian adults: validity and reliability of an adapted interview version of the long International Physical Activity Questionnaire (IPAQ-L). *BMC public health*. 2015;15(1):433.
29. Espejo MR. Estudios de salud pública como ciencia empírica objetiva de datos.
30. Gillen JB, Martin BJ, MacInnis MJ, Skelly LE, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. Twelve weeks of sprint interval training improves indices of cardiometabolic health similar to traditional endurance training despite a five-fold lower exercise volume and time commitment. *PloS one*. 2016;11(4):e0154075.
31. Carmenate Milián L, Moncada Chévez FA, Leiva B, Waldermar E. Manual de medidas antropométricas. 2014.
32. Sampaio LR, Simões EJ, Assis AMO, Ramos LR. Validity and reliability of the sagittal abdominal diameter as a predictor of visceral abdominal fat. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*. 2007;51:980-6.
33. Aadland E, Solbraa A, Resaland G, Steene-Johannessen J, Edvardsen E, Hansen B, et al. Reference values for and cross-validation of time to exhaustion on a modified Balke protocol in Norwegian men and women. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2017;27(11):1248-57.
34. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults: Guidance for Prescribing Exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2011;43(7):1334-59.
35. Moghadasi M, Mehrabani J, Momennasab Z, Naderali EK. The effects of 8-weeks concurrent training on neccdin levels and insulin resistance index in obese middle-aged men. *Journal of Diabetes, Metabolic Disorders & Control*. 2017;4(1).
36. Sheikholeslami-Vatani D, Siahkoughian M, Hakimi M, Ali-Mohammadi MJS, Sports. The effect of concurrent training order on hormonal responses and body composition in obese men. 2015;30(6):335-41.
37. Mamen A, Fredriksen PM. Tyre-pulling as concurrent training. *Sport Sciences for Health*. 2018:1-10.
38. Vucenik I, Stains JP. Obesity and cancer risk: evidence, mechanisms, and recommendations. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2012;1271(1):37-43.
39. Mandviwala T, Khalid U, Deswal A. Obesity and cardiovascular disease: a risk factor or a risk marker? *Current atherosclerosis reports*. 2016;18(5):21.

40. Wohlfahrt P, Redfield MM, Lopez-Jimenez F, Melenovsky V, Kane GC, Rodeheffer RJ, et al. Impact of general and central adiposity on ventricular-arterial aging in women and men. *JACC: Heart Failure*. 2014;2(5):489-99.
41. Wiseman M. The Second World Cancer Research Fund/American Institute for Cancer Research Expert Report. Food, Nutrition, Physical Activity, and the Prevention of Cancer: A Global Perspective: Nutrition Society and BAPEN Medical Symposium on 'Nutrition support in cancer therapy'. *Proceedings of the Nutrition Society*. 2008;67(3):253-6.
42. Renehan AG, Tyson M, Egger M, Heller RF, Zwahlen M. Body-mass index and incidence of cancer: a systematic review and meta-analysis of prospective observational studies. *The Lancet*. 2008;371(9612):569-78.
43. Nazare J-A, Smith J, Borel A-L, Aschner P, Barter P, Van Gaal L, et al. Usefulness of measuring both body mass index and waist circumference for the estimation of visceral adiposity and related cardiometabolic risk profile (from the INSPIRE ME IAA study). *American Journal of Cardiology*. 2015;115(3):307-15.
44. Goh LG, Dhaliwal SS, Welborn TA, Lee AH, Della PR. Anthropometric measurements of general and central obesity and the prediction of cardiovascular disease risk in women: a cross-sectional study. *BMJ open*. 2014;4(2):e004138.
45. Tomlinson D, Erskine R, Morse C, Winwood K, Onambélé-Pearson G. The impact of obesity on skeletal muscle strength and structure through adolescence to old age. *Biogerontology*. 2016;17(3):467-83.
46. Adlof LE, Cosio-Lima L, Crawley A, Lee Y. The Effects of Concurrent Training on Female Soccer Players: University of West Florida; 2017.
47. Varela-Sanz A, Tuimil JL, Abreu L, Boullosa DAJTJoS, Research C. Does concurrent training intensity distribution matter? 2017;31(1):181-95.
48. Sahlin K. Muscle energetics during explosive activities and potential effects of nutrition and training. *Sports medicine*. 2014;44(2):167-73.
49. Murillo JB, Rodríguez N, de Valera YHH, Hernández R, Herrera H. Masa muscular, fuerza muscular y otros componentes de funcionalidad en adultos mayores institucionalizados de la Gran Caracas-Venezuela. *Nutr Hosp*. 2007;22:578 citation_lastpage= 83.
50. Brown DR, Carroll DD, Workman LM, Carlson SA, Brown DW. Physical activity and health-related quality of life: US adults with and without limitations. *Quality of life research*. 2014;23(10):2673-80.
51. McGregor RA, Cameron-Smith D, Poppitt SD. It is not just muscle mass: a review of muscle quality, composition and metabolism during ageing as determinants of muscle function and mobility in later life. *Longevity & healthspan*. 2014;3(1):9.
52. Lloyd SA, Lang CH, Zhang Y, Paul EM, Laufenberg LJ, Lewis GS, et al. Interdependence of muscle atrophy and bone loss induced by mechanical unloading. *Journal of bone and mineral research*. 2014;29(5):1118-30.

53. Budziareck MB, Duarte RRP, Barbosa-Silva MCG. Reference values and determinants for handgrip strength in healthy subjects. *Clinical nutrition*. 2008;27(3):357-62.
54. Norman K, Stobäus N, Gonzalez MC, Schulzke J-D, Pirlich M. Hand grip strength: outcome predictor and marker of nutritional status. *Clinical nutrition*. 2011;30(2):135-42.
55. Sekendiz B, Cug M, Korkusuz F. Effects of Swiss-ball core strength training on strength, endurance, flexibility, and balance in sedentary women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010;24(11):3032-40.
56. Arazi H, Faraji H, Moghadam MG, Samadi A. Effects of concurrent exercise protocols on strength, aerobic power, flexibility and body composition. *Kinesiology: International journal of fundamental and applied kinesiology*. 2011;43(2):155-62.
57. Takeshima N, Rogers ME, Islam MM, Yamauchi T, Watanabe E, Okada A. Effect of concurrent aerobic and resistance circuit exercise training on fitness in older adults. *European journal of applied physiology*. 2004;93(1-2):173-82.
58. Nishikawa Y, Aizawa J, Kanemura N, Takahashi T, Hosomi N, Maruyama H, et al. Immediate effect of passive and active stretching on hamstrings flexibility: a single-blinded randomized control trial. *Journal of physical therapy science*. 2015;27(10):3167-70.
59. Simão R, Lemos A, Salles B, Leite T, Oliveira É, Rhea M, et al. The influence of strength, flexibility, and simultaneous training on flexibility and strength gains. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2011;25(5):1333-8.
60. Sharman MJ, Cresswell AG, Riek S. Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching. *Sports Medicine*. 2006;36(11):929-39.
61. Ryan ED, Everett KL, Smith DB, Pollner C, Thompson BJ, Sobolewski EJ, et al. Acute effects of different volumes of dynamic stretching on vertical jump performance, flexibility and muscular endurance. *Clinical physiology and functional imaging*. 2014;34(6):485-92.
62. SCRIBBANS TD, Vecsey S, HANKINSON PB, FOSTER WS, GURD BJ. The effect of training intensity on VO2Max in young healthy adults: a meta-regression and meta-analysis. *International journal of exercise science*. 2016;9(2):230.
63. Arena R, Myers J, Guazzi M. The clinical importance of cardiopulmonary exercise testing and aerobic training in patients with heart failure. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. 2008;12(2):75-87.
64. Sui X, Laditka JN, Hardin JW, Blair SN. Estimated functional capacity predicts mortality in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2007;55(12):1940-7.
65. Helgerud J, Høydal K, Wang E, Karlsen T, Berg P, Bjerkaas M, et al. Aerobic high-intensity intervals improve VO2max more than moderate training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2007;39(4):665-71.
66. Jones TW, Howatson G, Russell M, French DN. Performance and neuromuscular adaptations following differing ratios of concurrent strength and endurance training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2013;27(12):3342-51.

67. Coffey VG, Hawley JA. Concurrent exercise training: do opposites distract? *The Journal of physiology*. 2017;595(9):2883-96.
68. Angelo Sabag AN, Scott Michael, Tuguy Esgin, Mark Halaki, Hackett D. The compatibility of concurrent high intensity interval training and resistance training for muscular strength and hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*. 2018.
69. Murlasits Z, Kneffel Z, Thalib L. The physiological effects of concurrent strength and endurance training sequence: A systematic review and meta-analysis. *Journal of sports sciences*. 2018;36(11):1212-9.
70. Ramírez-Vélez R, Tordecilla-Sanders A, Correa-Bautista JE, González-Ruíz K, González-Jiménez E, Triana-Reina HR, García-Hermoso A, Schmidt-RioValle J. Validation of multi-frequency bioelectrical impedance analysis versus dual-energy X-ray absorptiometry to measure body fat percentage in overweight/obese Colombian adults. *Am J Hum Biol*. 2018;30(1).