

Borges, M.V.O.; Sousa, E.C.; Medeiros, J.F.P.; Medeiros, R.M.V.; Oliveira, V.C.; Costa, R.F.; Luchessi, A.D.; Dantas, P.M.S. (2022) Cardiorespiratory Optimal Point, Body Composition and Biochemical Measurements: A Study with Twins. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 22 (87) pp. 507-522
[Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista87/artpunto1376.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista87/artpunto1376.htm)
DOI: <https://doi.org/10.15366/rimcafd2022.87.005>

ORIGINAL

PUNTO ÓPTIMO CARDIORRESPIRATORIO, COMPOSICION CORPORAL Y MEDIDAS BIOQUÍMICAS: UN ESTUDIO CON GEMELOS

CARDIORESPIRATORY OPTIMAL POINT, BODY COMPOSITION AND BIOCHEMICAL MEASUREMENTS: A STUDY WITH TWINS

Borges, M.V.O.¹; Sousa, E.C.²; Medeiros, J.F.P.³; Medeiros, R.M.V.⁴; Oliveira, V.C.⁵; Costa, R.F.⁶; Luchessi, A.D.⁷ y Dantas, P.M.S.⁸

¹Máster en Educación Física. Departamento de Educación Física, Centro de Ciencias de la Salud, Universidad Federal de Rio Grande do Norte (UFRN), Natal (Brasil)yasmichelle@gmail.com

² Máster en Educación Física. Postgraduate Program in Pharmaceutical Sciences, Faculty of Pharmacy, Federal University of Rio Grande do Norte, Natal, RN, (Brasil)elyscosta@hotmail.com

³Máster en Bioquímica. Laboratorio del movimiento, Universidad Federal de Rio Grande do Norte (UFRN), Natal (Brasil)jeanefpires@hotmail.com

⁴ Doctor en ciencias de la salud. Laboratorio del movimiento, Universidad Federal de Rio Grande do Norte (UFRN), Natal (Brasil)radames_medeiros@hotmail.com

⁵ Post-Doctor en Fisioterapia y Ciencias de la Rehabilitación. Programa de Postgrado en Rehabilitación y Desempeño Funcional, Universidad Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Diamantina (Brasil)viniciuscunhaoliveira@yahoo.com.br

⁶Post-doctor en Ciencias del Movimiento Humano. Laboratorio del movimiento, Universidad Federal de Rio Grande do Norte (UFRN), Natal (Brasil)roberto@robertocosta.com.br

⁷Post-doctor en ciencias farmacéuticas. Programa de Postgrado en Ciencias Farmaceuticas, Facultad de Farmacia, Universidad Federal de Rio Grande do Norte, Natal, RN (Brasil)andre.luchessi@outlook.com

⁸ Post- doctor en ciencias de la salud. Departamento de Educación Física, Centro de Ciencias de la Salud, Universidad Federal de Rio Grande do Norte (UFRN), Natal (Brasil)pgdantas@icloud.com

English – Spanish translators: Natalia Lugano(natalialugano@gmail.com).

Acknowledgements: National Council for Scientific and Technological Development (CNPq) and Higher Education Personnel Improvement Coordination (CAPES), Brazil.

Código UNESCO / UNESCO code: 2411. 06. Fisiología del ejercicio / Exercise Physiology.

Clasificación Consejo de Europa / Council of Europe classification: 06. Fisiología del ejercicio / Exercise Physiology.

Recibido 15 de abril de 2020 **Received** April 15, 2020

Aceptado 8 de agosto de 2020 **Accepted** August 8, 2020

RESUMEN

El propósito de este estudio fue investigar la relación de la composición corporal y las variables bioquímicas con el POC, así como observar la tendencia de la heredabilidad. Estudio transversal con gemelos monocigóticos y dicigóticos adultos. Para obtener los valores del POC, la prueba de ejercicio cardiopulmonar fue realizada se realizó un protocolo con sobre cinta rodante. Para la composición corporal, se utilizaron la absorciometría de energía dual y la antropometría. Para las inferencias, se realizaron la concordancia de Spearman y la prueba de hipótesis Mann-Whitney. Los resultados mostraron que las variables de composición corporal no se correlacionaron significativamente con el punto óptimo cardiorrespiratorio. El Punto Óptimo Cardiorrespiratorio y las variables bioquímicas en general demostraron una mayor tendencia a ser influenciados por factores ambientales. El comportamiento de las variables de composición corporal demostró una mayor influencia de la heredabilidad.

PALABRAS CLAVE: Prueba de ejercicio cardiopulmonar. Heredabilidad. Consumo de oxígeno. Composición corporal. Variables bioquímicas.

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the relationship of body composition and biochemical variables with the cardiorespiratory optimal point, as well as to observe the tendency of heritability. This is a descriptive study with a cross-sectional design with adult monozygotic and dizygotic twins. To obtain the COP values, the cardiopulmonary exercise test was performed using a treadmill ramp protocol. For body composition, dual energy absorptiometry and anthropometry were used. For inferences, the Spearman correlation and the Mann-Whitney hypothesis test were performed. The results showed that the body composition variables did not significantly correlate with the cardiorespiratory optimal point. The Cardiorespiratory Optimal Point and biochemical variables demonstrated a greater tendency to be influenced by environmental factors and the body composition variables showed a greater influence of heritability.

KEYWORDS: Cardiopulmonary exercise test. Heritability. Oxygen consumption. Body composition. Biochemical variables.

INTRODUCCIÓN

En un contexto de aumento de los trastornos cardiovasculares, surge la necesidad de investigar esfuerzos para prevenir y detectar factores de riesgo

cardiovascular. El ejercicio puede actuar como una estrategia preventiva para el desarrollo o progresión de enfermedades cardíacas, además de promover una serie de beneficios para la salud, como el control de la obesidad, la hipertensión, la diabetes tipo 2 y la hipercolesterolemia, entre otros (Ekelund et al., 2012; Tarnoki et al., 2013). Además, una buena aptitud cardiorrespiratoria es un predictor de esperanza de vida en pacientes con o sin enfermedades cardíacas (McKinney et al., 2016).

La prueba cardiopulmonar de ejercicio (PCPE) es un procedimiento no invasivo utilizado para proporcionar información diagnóstica y de pronóstico, que evalúa la capacidad individual para el ejercicio dinámico y proporciona información relevante para prescripción de ejercicio y evaluación del rendimiento (Binder et al., 2008). Los protocolos de evaluación generalmente requieren que el individuo realice un esfuerzo máximo para obtener diferentes datos ventilatorios, tales como el consumo de oxígeno máximo (VO_2max), pulso máximo de oxígeno, umbral anaeróbico, equivalente ventilatorio de dióxido de carbono (VE/VCO_2), y la curva generada por el equivalente ventilatorio del oxígeno, entre otros (Calderón, Cupeiro, Peinado, & Lorenzo-Capella; Guazzi et al., 2016).

No obstante, existen varias limitaciones al medir estas variables, tales como baja reproducibilidad, diferentes formas de cálculo o identificación, y la necesidad de realizar una prueba verdaderamente máxima, que depende de la motivación tanto del evaluador como del individuo que se está evaluando. Ramos (Plínio Santos Ramos, Araújo, & Ricardo, 2012) propuso una variable para añadir valor pronóstico a un PCPE submáximo, con particular utilidad en adultos que no pueden realizar, o no están motivados para lograr el máximo ejercicio, el Punto Óptimo Cardiorrespiratorio (POC). El POC es el momento en que se produce el mínimo equivalente ventilatorio de oxígeno (VE/VO_2). Es decir, es el valor más bajo de esta variable en un minuto dado de un PCPE realizado en un protocolo de rampa. El POC representa la mejor relación o integración entre los sistemas respiratorio y cardiovascular o ventilación-perfusión. En la práctica, el POC corresponde al momento en el que, durante ejercicio progresivo, la ventilación para consumir un litro de oxígeno es más baja (Plínio S Ramos & Araújo, 2017).

Estudios recientes han demostrado la aplicabilidad clínica del POC en evaluaciones diagnósticas y de pronóstico, como una variable submáxima de PCPE, en atletas, individuos sanos, o aquellos con diversas formas de enfermedades crónicas (Abreu, 2017; Myers & de Araújo, 2018; Plínio S Ramos & Araújo, 2017; Plínio Santos Ramos, Sardinha, Nardi, & de Araujo, 2014). Hasta la fecha, se desconoce la influencia de los factores genéticos y ambientales en el POC, lo que podría ayudar a comprender y dirigir las intervenciones y los diagnósticos a través de esta variable. Además, aún no se ha identificado la relación del POC con la composición corporal y las variables bioquímicas, utilizadas como indicadores de riesgo cardíaco u obesidad en la práctica clínica y las evaluaciones físicas. Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo investigar la relación de la composición corporal y las variables bioquímicas con el POC, así como observar la tendencia de la heredabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestra

La muestra se obtuvo de manera no probalística de gemelos registrados en el I Festival de Gemelos de Rio Grande do Norte, celebrado en 2016 en la Universidad Federal de Rio Grande do Norte (UFRN), en asociación con el Registro Brasileño de Gemelos (Ferreira et al., 2016). Individuos con discapacidades físicas o limitaciones musculoesqueléticas que impedían caminar o correr, sujetos sobre tratamiento farmacológico relacionado con la obesidad, gemelos de diferentes sexos e individuos con respuestas positivas al *Physical Activity Readiness Questionnaire* (PAR-Q) fueron excluidos del estudio.

Teniendo en cuenta los criterios de exclusión, se incluyó una muestra de 51 pares de gemelos (102 individuos, 72,5% mujeres y 27,5% hombres), compuesta por 46 pares de gemelos monocigóticos (edad media de $25,4 \pm 5,69$) y 5 pares dicigóticos (edad media $25,2 \pm 3,74$), todos residentes en el estado de Rio Grande do Norte, Brasil.

Después de firmar el Formulario de Consentimiento Informado, se aplicó un cuestionario de anamnesis para analizar el estado de salud y las enfermedades preexistentes, y el PAR-Q para analizar la preparación para realizar actividades físicas. La cigosidad en gemelos se determinó utilizando un cuestionario de cigosidad validado con una precisión del 93,3% (Ooki & Asaka, 2004).

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación del Hospital Universitario Onofre Lopes, Natal/RN - Brasil. CEP/HUOL, CAAE 35573214.1.0000.5292, según la Resolución 466/12 del Consejo Nacional de Salud.

Evaluación física

La evaluación de la composición corporal se realizó utilizando la *Dual Energy X-ray Absorptiometry* (DXA) (Mônica de Souza, Priore, & Sylvia do Carmo, 2009). Se obtuvieron valores de porcentaje de distribución de grasa androide (%G androide), porcentaje de distribución de grasa ginoide (%G ginoide) y porcentaje de grasa total (%G total). Se evaluaron las siguientes mediciones antropométricas: peso, altura, circunferencia de la cintura (CCI), circunferencia abdominal (CA) y circunferencia de cadera (CC), y se calculó el índice de masa corporal (IMC), de acuerdo con la estandarización de la *International Society for Advancement in Kinanthropometry* (ISAK) (Marfell-Jones, Olds, Stewart, & Carter, 2006).

El PCPE se llevó a cabo en una cinta rodante y los análisis de gas expirado se llevaron a cabo utilizando un Cortex (Metalyzer® 3B) con un protocolo de rampa. Se aplicaron incrementos con velocidad e inclinación progresiva y continua, de acuerdo con la capacidad individual estimada para la persona, basada en el *American College of Sports Medicine* (ACSM) (Thompson, Arena, Riebe, & Pescatello, 2013), y buscando alcanzar el consumo de oxígeno

máximo (VO_{2max}) en un período de prueba de 8 a 12 minutos (Guazzi et al., 2016). Se adoptó un patrón inicial de velocidad e inclinación para individuos sedentarios de 3km/h y 0% de inclinación, y para individuos físicamente activos de 4km/h y 0% de inclinación. Para que el individuo alcance el consumo máximo de oxígeno previsto para la edad y el sexo, y de acuerdo con su condición física, utilizamos las siguientes fórmulas de predicción para la velocidad y la inclinación final, considerando el *trekking* sedentario y la carrerarunning activo (Thompson et al., 2013):

1- Trekking - VO_2 - Velocidad. $1,675 + 0,3015 \cdot \text{Velocidad} \cdot \text{Inclinación} + 3,50$;

2- Carrera- VO_2 - Velocidad. $3,35 + 0,15075 \cdot \text{Velocidad} \cdot \text{Inclinación} + 3,50$

El POC es el minuto del PCPE en el que se registra el VE/VO_2 mínimo. Además, también se analizaron otras variables relacionadas con este momento de la prueba, de la siguiente manera: Tiempo en el que se produjo el POC (Tiempo); Equivalente Metabólico de Tarea (EMT); Relación de Intercambio Respiratorio (RIR); Consumo Absoluto de Oxígeno (VO_2/ min^{-1}); y Consumo Relativo de Oxígeno ($VO_2 \text{ ml. kg}^{-1} \cdot \text{Min}^{-1}$), referentes al momento del POC.

Análisis bioquímico

Los exámenes bioquímicos se realizaron en el Laboratorio Integrado de Análisis Clínicos, en la Facultad de Farmacia de la UFRN, siguiendo la rutina establecida en este servicio. Un día antes de la evaluación física, los pacientes se sometieron a venopunción, después de un ayuno de 12 horas, para recoger una muestra de sangre periférica sin anticoagulante (10 ml) para determinar glucosa sérica en ayunas, colesterol total, colesterol HDL y triglicéridos. Todas las dosis se realizaron utilizando ensayos enzimático-colorimétricos y kits comerciales (Labtest Diagnóstica-SA®) en equipos Bio 2000 (Bioplus®, Barueri/SP). Las concentraciones de colesterol LDL y VLDL se obtuvieron aplicando la fórmula Friedewald (Friedewald, Levy, & Fredrickson, 1972).

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando SPSS® versión 20. Para la descripción de los datos, los gemelos monocigóticos (MC) y dicigóticos (DC) se separaron en A y B y se organizaron de modo que el gemelo A, presentara un valor máximo de VO_2 ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) mayor o igual que el gemelo B. La normalidad y la homoscedasticidad de la distribución de datos fueron verificadas por la prueba Shapiro-Wilk, y como los datos presentaron un comportamiento no paramétrico, se describen como rango medio e intercuartil.

La muestra se clasificó de acuerdo con el POC sin división de cigosidad, en la que el grupo con POC <22 fue categorizado como rango con bajo riesgo de todas las causas de mortalidad, el grupo con POC entre 22-30 como riesgo moderado, y, por último, el grupo con POC > 30 como la calificación de riesgo más alta (Plínio S Ramos & Araújo, 2017). La concordancia intrapar en las categorías del POC también se calculó mediante la prueba Kappa.

La concordancia de Spearman de la composición corporal y las variables bioquímicas con el POC se calcularon sin dividir la muestra. Como indicador de influencia de la heredabilidad, se verificó la concordancia intrapar de Spearman en los gemelos MC y DC (Arden & Spector, 1997; Miyamoto-Mikami et al., 2018). Para el análisis de las concordancias presentadas utilizamos el parámetro Cohen (Cohen, 1992), suponiendo $r = 0,10 - 0,29$ (concordancia débil); $r = 0,30 - 0,49$ (concordancia moderada); $r = 0,50 - 1$ (concordancia fuerte). Para todos los análisis se consideró un nivel de probabilidad del 5% y para el análisis se utilizó la prueba de hipótesis Mann-Whitney.

RESULTADOS

En la tabla 1 se describen las características de los gemelos MC y DC, respectivamente, en las que se puede observar que no hubo diferencias intrapares significativas.

En las tablas 2, 3 y 4 se encuentra la muestra categorizada de acuerdo con la clasificación POC (Plínio S Ramos & Araújo, 2017), sin separación de los hermanos, con el fin de observar el comportamiento de las variables de la prueba de esfuerzo, composición corporal y bioquímica en las categorías de riesgo. El grupo <22 está en un rango con bajo riesgo de mortalidad por todas las causas, y 22-30 en un grupo moderado. La tercera clasificación del POC es superior a 30, aunque ningún individuo en la muestra del presente estudio fue categorizado en esta clasificación. En este análisis, POC, EMT, RIR y VO_2 ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) fueron diferentes entre las categorías. En la prueba de Kappa, sólo el 23% ($p = 0,04$) de los gemelos estaba en las mismas categorías de POC.

Finalmente, la concordancia de Spearman se calculó para el POC de la muestra total con la composición corporal y variables bioquímicas. Las mediciones de la composición corporal no se correlacionaron con el POC. Las variables bioquímicas que demostraron relación son las siguientes: HDL ($r = 0,22$; $p = 0,03$), LDL ($r = 0,23$; $p = 0,02$), glucosa ($r = 0,29$; $p = 0,001$); TG ($r = 0,22$; $p = 0,04$). El Cuadro 3 muestra las correlaciones intrapar para MC y DC.

Tabla 1. Descripción de los gemelos monocigóticos y dicigóticos separados por pares (A y B)

	Gemelo MC A (N=45)		Gemelo MC B (N=45)		p	Gemelo DC A (N=5)		Gemelo DC B (N=5)		p
	Media	RI	Media	RI		Media	RI	Media	RI	
Composición corporal										
Peso (kg)	62,50	23,05	62,65	30,55	0,95	57,70	21,95	53,10	25,35	0,92
Altura (m)	1,63	0,14	1,64	0,13	0,93	1,60	0,11	1,60	0,10	0,83
IMC (kg / m ²)	23,20	5,60	23,00	6,18	0,85	21,90	5,20	20,70	6,75	0,60
CCI (cm)	73,00	14,75	72,50	19,00	0,98	71,00	14,25	65,60	17,75	0,53
CA (cm)	82,40	14,90	82,75	17,75	0,67	79,00	9,95	72,00	14,30	0,35
CC (cm)	95,50	13,25	94,00	16,13	0,94	96,50	9,15	92,00	13,60	0,40
%GA	27,2	17,7	30,9	17,5	0,24	22,60	14,35	30,20	9,35	0,25
%GG	34,70	14,30	35,30	13,15	0,26	32,20	17,55	36,60	11,15	0,75
%GT	29,90	12,85	32,10	10,80	0,14	27,60	13,85	31,10	9,80	0,46
PCPE										
Tiempo (hh: mm: ss)	00:02:20	00:01:12	00:02:00	00:01:20	0,93	00:02:00	00:01:05	00:02:50	00:02:40	0,60
POC	19,60	2,50	19,75	2,73	0,96	19,50	5,45	19,10	0,90	0,60
EMT	4,10	0,80	3,80	1,55	0,19	4,70	1,15	4,60	1,30	0,35
RIR	0,70	0,09	0,70	0,31	0,93	0,73	0,19	0,69	0,06	0,75
VO ₂ (l/mín ⁻¹)	0,89	0,32	0,89	0,40	0,65	0,87	0,79	0,85	0,37	0,75
VO ₂ (ml.kg ⁻¹ . mín ⁻¹)	14,00	3,00	13,00	5,75	0,14	16,00	4,50	16,00	5,00	0,59
VO ₂ máx (ml.kg ⁻¹ . mín ⁻¹)	35,00	39,00	31,50	27,00	0,01	37,00	16,00	33,00	19,00	0,11
Medidas bioquímicas										
COL	162,00	46,00	162,00	48,00	0,67	173,00	40,50	181,00	36,50	0,75
HDL	42,00	27,00	38,00	27,00	0,54	43,00	11,00	39,00	9,00	0,34
VLDL	14,40	12,30	14,80	12,20	0,66	13,80	11,90	16,20	12,90	0,35
LDL	99,40	43,10	102,00	36,40	0,43	117,00	36,40	119,20	27,10	0,75
TG	76,00	66,00	74,00	62,00	0,81	69,00	59,50	81,00	64,50	0,35
GLI	86,00	14,50	87,00	17,00	0,78	83,00	17,00	91,00	15,50	0,92

Leyenda: RI (rango intercuartílico); IMC (Índice de Masa Corporal); CCI (circunferencia de la cintura); CA (circunferencia abdominal); CC (circunferencia de la cadera); % GA (porcentaje de grasa androide); % GG (porcentaje de grasa ginoide); % GT (porcentaje de grasa total); PCPE (prueba cardiopulmonar de ejercicio); POC (VE/VO₂ mínimo en la prueba de ejercicio); EMT (Equivalente Metabólico de Tarea); RIR (relación de Intercambio Respiratorio). COL (colesterol Total); HDL (lipoproteínas de alta densidad); VLDL (Lipoproteína de Muy Baja Densidad); LDL (Lipoproteína de Baja Densidad); GLI (glucosa en ayunas); TG (Triglicéridos).

Tabla 2. Variables de prueba de ejercicio cardiopulmonar separadas por categorías de POC sin división de gemelos.

	Tiempo (hh:mm:ss)		POC		EMT		RIR		VO ₂ (l/mín ⁻¹)		VO ₂ (ml.kg ⁻¹ . mín ⁻¹)		VO ₂ máx (ml.kg ⁻¹ . mín ⁻¹)	
	<22	22-30	<22	22-30	<22	22-30	<22	22-30	<22	22-30	<22	22-30	<22	22-30
Mediana	00:02:20	00:02:30	19,40	23,65	3,90	4,35	0,69	0,76	0,86	0,92	14,00	15,50	34,00	35,50
RI	00:01:10	00:01:50	2,30	2,33	1,20	0,93	0,06	0,10	0,35	0,54	4,00	3,75	11,00	6,50
p	0,66		0,00*		0,01*		0,00*		0,12		0,03*		0,67	

Leyenda: RI (rango intercuartílico); Categorías de POC <22 (n = 83) y 22-30 (n = 16); POC (VE/VO₂ mínimo en la prueba de ejercicio); EMT (Equivalente Metabólico de Tarea); RIR (relación de intercambio respiratorio).

Tabla 3. Variables de composición corporal separadas por categorías POC sin división de gemelos.

	Peso (kg)		Altura (m)		IMC		CCI (cm)		CA (cm)		CC(cm)		%GA		%GG		%GT	
	<22	22-30	<22	22-30	<22	22-30	<22	22-30	<22	22-30	<22	22-30	<22	22-30	<22	22-30	<22	22-30
Mediana	62,50	60,40	1,62	1,67	23,00	23,20	30,00	29,05	36,30	32,75	30,95	28,20	73,00	72,50	81,80	80,15	95,50	93,25
RI	28,20	15,08	0,13	0,10	6,50	4,03	17,28	17,78	13,78	6,53	13,48	6,75	18,00	13,88	15,50	13,78	14,00	11,63
p	0,95		0,29		0,50		0,99		0,63		0,47		0,44		0,24		0,30	

Leyenda: RI (rango intercuartílico); Categorías de POC <22 (n = 83) y 22-30 (n = 16); IMC (Índice de Masa Corporal); CCI (circunferencia de la cintura); CA (circunferencia abdominal); CC (circunferencia de la cadera); % GA (porcentaje de grasa androide); % GG (porcentaje de grasa ginoide); % GT (porcentaje de grasa total).

Tabla 4. Variables bioquímicas separadas por categorías POC sin división de gemelos.

	COL		HDL		VLDL		LDL		GLI		TG	
	<22	22-30	<22	22-30	<22	22-30	<22	22-30	<22	22-30	<22	22-30
Mediana	162,00	172,50	40,50	41,00	15,60	13,30	102,90	104,00	87,00	84,00	80,00	66,50
RI	45,25	43,25	28,00	21,50	12,70	9,55	40,25	57,15	13,75	15,25	65,50	47,75
p	0,63		0,83		0,31		0,96		0,65		0,31	

Leyenda: RI (rango intercuartílico); Categorías de POC <22 (n = 83) y 22-30 (n = 16); COL (colesterol Total); HDL (lipoproteínas de alta densidad); VLDL (Lipoproteína de Muy Baja Densidad); LDL (Lipoproteína de Baja Densidad); GLI (glucosa en ayunas); TG (Triglicéridos).

Tabla 5. Concordancia intrapar en gemelos monocigóticos y dicigóticos

	MC (45 pares)		DC (5 pares)	
	r(s)	p	r(s)	p
Peso (kg)	0,95**	0,001	0,90**	0,04
Altura (m)	0,97**	0,001	0,80	0,10
IMC	0,89**	0,001	0,96**	0,001
CCI (cm)	0,85**	0,001	0,82	0,09
CA	0,78**	0,001	0,82	0,09
CC	0,69**	0,001	0,56	0,32
%GA	0,83**	0,001	0,60	0,28
%GG	0,93**	0,001	0,90**	0,03
%GT	0,88**	0,001	0,80**	0,03
Tiempo(hh: mm: ss)	0,33*	0,03	0,05	0,93
POC	0,12	0,43	0,41	0,49
EMT	0,49*	0,001	0,05	0,93
RIR	0,17	0,24	0,30	0,62
VO ₂ (l/mín ⁻¹)	0,63**	0,001	0,90**	0,04
VO ₂ (ml.kg ⁻¹ . mín ⁻¹)	0,47*	0,001	0,05	0,93
VO ₂ máx(ml.kg ⁻¹ . mín ⁻¹)	0,89**	0,001	0,62	0,27
COL	0,87**	0,001	0,94**	0,01
HDL	0,83**	0,001	0,69	0,19
VLDL	0,81**	0,001	0,90**	0,03
LDL	0,78**	0,001	0,92**	0,03
GLI	0,78**	0,001	0,92**	0,03
TG	0,82**	0,001	0,90**	0,03

Leyenda: r (s): Concordancia de Spearman; ** concordancia fuerte; * Concordancia moderada. IMC (índice de masa corporal); CCI (circunferencia de la cintura); CA (circunferencia abdominal); CC (circunferencia de la cadera); % GA (porcentaje de grasa androide); % GG (porcentaje de grasa gynoid); % GT (porcentaje de la grasa total); POC (VE/VO₂ mínimo en la prueba de ejercicio); EMT (Equivalente Metabólico de Tarea); RIR (relación de intercambio respiratorio). COL (colesterol Total); HDL (lipoproteínas de alta densidad); VLDL (Lipoproteína de Muy Baja Densidad); LDL (Lipoproteína de Baja Densidad); GLI (glucosa en ayunas); TG (Triglicéridos).

DISCUSIÓN

Este estudio proporciona una contribución original ya que es pionero en el análisis de la relación del POC con la composición corporal y las medidas bioquímicas y tendencia de heredabilidad. El POC ha demostrado ser una variable clínica importante que tiene una relación inversa con todas las causas mortalidad en individuos sanos y enfermos, presentando así un valor pronóstico y una nueva posibilidad de evaluación del riesgo de mortalidad (Myers & de Araújo, 2018; Plínio S Ramos & Araújo, 2017). El POC fue categorizada por Ramos (Plínio S Ramos & Araújo, 2017) en tres grupos, siendo el primero caracterizado por un bajo riesgo de previsión de mortalidad, el segundo por un riesgo moderado y el último por un mayor riesgo.

En los cuadros 2, 3 y 4 la muestra fue analizada por las categorías POC, sin separación de los gemelos. Un grupo más grande de la muestra fue clasificado con un buen pronóstico, confirmando la salud de esta muestra. Al analizar el POC, utilizamos otras medidas importantes que se refieren a este momento de la prueba de ejercicio, como Tiempo, EMT, RIR, VO_2 l/min⁻¹(Absoluto) y VO_2 ml.kg⁻¹. min⁻¹(Relativo). Estos parámetros ayudan en la interpretación y comprensión de la intensidad de la prueba y el acondicionamiento aeróbico del individuo (Guazzi et al., 2016). Los valores de COP, EMT, RIR y VO_2 relativo presentaron diferencias significativas entre las categorías de POC, mostrando una mejor condición aeróbica y de pronóstico para individuos con POC <22. Además, a partir del valor RIR se puede observar que estos individuos tienden a metabolizar más lípidos que el grupo de segunda categoría, por lo que el VE/ VO_2 mínimo se logró a una menor intensidad de la prueba de ejercicio en comparación con los individuos de la segunda categoría (POC 22-30). Esto se debe a que un valor bajo de POC puede representar una ventaja fisiológica(Myers & de Araújo, 2018).

Al analizar la concordancia intrapar de las variables POC y PCPE, observamos que tiempo, EMT y VO_2 relativo demostraron una mayor concordancia intrapar en MC (R_{MC}), lo que permite inferir que hay una mayor tendencia a que la genética influya en estas medidas. Por otro lado, POC, RIR y VO_2 absoluto, sugieren una mayor influencia de los factores ambientales, debido a la mayor correlación intrapar en DC (R_{DC}). La correlación intrapar permite estimar el componente genético o la heredabilidad de un factor(Livshits et al., 2016), e independientemente del valor p, el valor de concordancia intrapar es un indicador importante de heredabilidad (Borges et al., 2018; Miyamoto-Mikami et al., 2018; Zadro et al., 2017).

Aunque la concordancia intrapar en el POC no es significativa, hay indicación de una mayor influencia de los factores ambientales, debido al mayor valor de RDC, aunque son necesarios más estudios sobre la heredabilidad del POC. Hasta la fecha no hay estudios de POC en gemelos. Sin embargo, ya que el POC es una variable de ejercicio submáximo, la revisión sistemática con metanálisis de Mikami et al.(Miyamoto-Mikami et al., 2018) presenta estudios en los que fenotipos de resistencia submáxima demuestran un promedio ponderado para la heredabilidad de 0,49 (IC 95%: 0,33–0,65), y a pesar de la heterogeneidad sustancial entre los estudios, esto indica que los factores genéticos representan 44% a 68% de variabilidad en fenotipos relacionados con la resistencia aeróbica. Es decir, entre el 32% y el 56% de la variabilidad puede verse influenciada por el entorno no compartido entre hermanos.

Esta indicación también puede extenderse al VO_2 absoluto, cuya intensidad en el POC se caracteriza como una variable de ejercicio submáximo, en cuyo caso el entorno parece contribuir a sus valores durante la prueba. No se han realizado estudios sobre la heredabilidad de la intensidad de VO_2 en el POC, aunque cuando comparado con los jugadores de fútbol (Myers & de Araújo, 2018) el valor de VO_2 demostró ser mucho menor en nuestra muestra, lo que indica que los individuos están en un nivel bajo a moderado de acondicionamiento aeróbico.

El VO_2 relativo tiene en cuenta la masa corporal del individuo, lo que permite la comparación de VO_2 entre individuos con diferentes masas corporales. La intensidad del POC no demostró diferencias entre los hermanos, aunque a máxima intensidad, notamos una diferencia significativa entre los gemelos MC, que no se produce en los DC. Este comportamiento puede haber ocurrido debido al tamaño de la muestra en el DC. Sin embargo, independientemente de la descripción de estos valores, la concordancia intrapar mostró una influencia genética para el VO_2 relativo y la intensidad absoluta del POC. Estos resultados son confirmados por estudios clásicos sobre gemelos, que muestran que la genética explica las diferencias en los niveles de entrenamiento de las características de resistencia aeróbica (Bouchard, Hoffman, & Commission, 2011). Un metanálisis (Schutte, Nederend, Hudziak, Bartels, & de Geus, 2016) también encontró que la estimación de heredabilidad promedio ponderada fue del 59% para el VO_2 máximo absoluto y del 72% para el VO_2 máximo relativo, lo que indica que, desde la infancia hasta la edad adulta temprana, los factores genéticos determinan más de la mitad de las diferencias individuales en VO_2 máximo.

La unidad metabólica - EMT se utilizó como medida de intensidad del esfuerzo, ya que se puede utilizar como una variable para indicar y comparar la intensidad absoluta y el gasto de energía de diferentes actividades físicas (Faria Coelho-Ravagnani, Melo, Ravagnani, Burini, & Burini, 2013). Por lo tanto, la concordancia intrapar de EMT en la intensidad del POC fue mayor en MC, lo que indica la existencia de una influencia genética en estos valores. Como se trata de una variable relacionada con la práctica de actividad física, coincidimos con el estudio de Mustelin (Linda Mustelin et al., 2012), que indica que los factores genéticos contribuyen significativamente a los niveles de actividad física en adultos jóvenes y que mayor práctica deportiva está asociada con una mayor aptitud cardiorrespiratoria y menor obesidad (Urra et al., 2019), y estas relaciones se explican en gran medida por factores genéticos (L. Mustelin et al., 2011).

Las variables de composición corporal como peso, altura, CCI, CA, CC, %GA, %GG y %GT demostraron una mayor influencia de la heredabilidad, con R_{MC} entre 0,69 y 0,97. Estos valores corroboran otros estudios de heredabilidad, en los que se demuestra que las medidas de composición corporal están significativamente influenciadas por los efectos genéticos, con una heredabilidad del 58% al 86% (Alonso, Souza, Oliveira, do Nascimento, & Dantas, 2014; Hopkins et al., 2010; L. Mustelin et al., 2011; Oliveira et al., 2014). Sin embargo, el IMC demostró una mayor influencia ambiental debido a una mayor correlación en DC ($R_{DC} = 0,96$), lo que indica una mayor capacidad de modificación en adultos. Como se observó en el estudio de Oliveira et al., (Oliveira et al., 2014) la heredabilidad del IMC en individuos post-pubertad es moderada en los hombres y baja en las mujeres, lo que demuestra mayor influencia ambiental.

A pesar de este comportamiento, hay controversia con respecto a la contribución de la heredabilidad al IMC. Un estudio (Borges et al., 2018) demostró haber fuerte influencia de la heredabilidad y una mayor concordancia intrapar en MC. Otros estudios también mostraron que los

factores genéticos tenían un fuerte efecto en la variación del IMC (K. Silventoinen, Hasselbalch, et al., 2009; Karri Silventoinen et al., 2016). Estos resultados convergentes pueden ocurrir debido al método estadístico utilizado, el tamaño de la muestra, la edad, el sexo y la etnia (Borges et al., 2018; E. Costa de Sousa, 2016; Karri Silventoinen et al., 2016; Zadro et al., 2017). Sin embargo, independientemente del valor de la heredabilidad, existe una gran influencia ambiental y, por lo tanto, es posible adoptar estrategias de modificación del IMC para mejorar la salud.

Se evaluaron las concordancias de las variables de composición corporal con el POC, con el fin de ampliar la información sobre esta importante variable clínica. No obstante, no se observaron asociaciones con el POC para ninguna variable de composición corporal en el este estudio. También se observó una baja concordancia en el estudio de Mustelin et al. (L. Mustelin et al., 2011), que encontraron que las medidas antropométricas de la obesidad no estaban asociadas con variables de aptitud cardiorrespiratoria. Además, las medidas de composición corporal tampoco demostraron diferencias entre las categorías de POC, posiblemente debido al pequeño tamaño de la muestra en la segunda categoría, la ausencia de una muestra en la categoría final y la característica saludable de la muestra.

Las variables bioquímicas HDL, LDL, GLI y TG presentaron correlaciones débiles, pero significativas, con el POC. En las categorías del POC, estas variables no presentaron diferencias entre los grupos. Los estudios sobre la actividad física y el perfil metabólico muestran que el ejercicio físico regular puede resultar en una disminución de la concentración de colesterol total y triglicéridos y un aumento de HDL en individuos con dislipidemia (McKinney et al., 2016; Nassef, Nfor, Lee, Chou, & Liaw, 2019). Además, una dieta equilibrada asociada con el ejercicio mejoró la concentración de glucosa en la sangre en ayunas y la concentración general de lípidos (Hernández-Lepe et al., 2019; Kawano et al., 2009; McKinney et al., 2016; Ooi & Ridzuan, 2016). Estos estudios también señalan que la intensidad del ejercicio puede ser un factor importante para estas modificaciones (He & Wang, 2019; Wood, Murrell, van der Touw, & Smart, 2019). Por lo tanto, las correlaciones débiles o la falta de asociaciones en nuestro estudio pueden deberse al bajo nivel de entrenamiento de la muestra general o al hecho de no ser suficientemente activas, y que tampoco se realizó el control de la dieta.

En el análisis de concordancia, la mayoría de las medidas bioquímicas indicaron una mayor influencia de los factores ambientales, corroborando nuestro estudio anterior (Borges et al., 2018) donde glucosa en ayuno, colesterol total, LDL y triglicéridos tuvieron baja influencia del componente hereditario, con mayor influencia del entorno compartido y del entorno no compartido, lo que indica que el comportamiento de la salud es un factor importante detrás de los efectos genéticos, generando diferencias metabólicas (Ekelund et al., 2012; K. Silventoinen, Rokholm, Kaprio, & Sorensen, 2009). Independientemente del tamaño de la muestra, comparamos los gemelos MC y DC, lo que permite identificar una tendencia de heredabilidad a través de la concordancia intrapar (Miyamoto-Mikami et al., 2018). En nuestro estudio no fue posible realizar análisis de heredabilidad por ecuaciones estructurales debido al

tamaño de la muestra. Este enfoque analítico normalmente descompone la varianza fenotípica en tres componentes: genético (A), ambiental común o compartido (C) y ambiental no compartido (E) - modelo ACE (Neale & Cardon, 1992). Por lo tanto, sugerimos más estudios con una muestra más grande de gemelos MC y DC para un análisis más detallado de la descomposición de estos tres componentes y confirmar el porcentaje de influencia ambiental y la influencia ambiental no compartida en el POC. Además, también sugerimos estudios futuros con composición corporal y variables bioquímicas en poblaciones sanas y enfermas en las diferentes categorías de POC.

CONCLUSIÓN

Las variables de peso, altura, IMC, circunferencia de la cintura, circunferencia abdominal, circunferencia de la cadera, % de grasa androide, % de grasa ginoide y % de grasa total no presentaron concordancia significativa con el punto óptimo cardiorrespiratorio. El Punto Óptimo Cardiorrespiratorio y las variables bioquímicas en general demostraron una mayor tendencia a ser influenciados por factores ambientales. La mayoría de las variables de composición corporal se comportaron con una mayor influencia de la heredabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, A. (2017). Has the ideal and universal prognostic index in cardiorespiratory exercise testing been identified? *Rev. Port. Cardiol*, 36(4), 271-272. <https://doi.org/10.1016/j.repc.2017.02.004>
- Alonso, L., Souza, E., Oliveira, M., do Nascimento, L., & Dantas, P. (2014). Heritability of aerobic power of individuals in northeast Brazil. *Biol Sport*, 31(4), 267-270. <https://doi.org/10.5604/20831862.1120933>
- Arden, N. K., & Spector, T. D. (1997). Genetic influences on muscle strength, lean body mass, and bone mineral density: a twin study. *J Bone Miner Res*, 12(12), 2076-2081. <https://doi.org/10.1359/jbmr.1997.12.12.2076>
- Binder, R. K., Wonisch, M., Corra, U., Cohen-Solal, A., Vanhees, L., Saner, H., & Schmid, J.-P. (2008). Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing. *Eur. j. Cardiovasc. Prev. Rehabil.*, 15(6), 726-734. <https://doi.org/10.1097/HJR.0b013e328304fed4>
- Borges, M. V. d. O., de Sousa, E. C., Alonso, L., Juvanhol Lopes, L., Medeiros, V., Maciel, R., . . . Moreira, P. (2018). Heritability of biochemical and anthropometric parameter markers of cardiovascular risk: a study with twins. *Medicina Sportiva.Ro*, 14(1).
- Bouchard, C., Hoffman, E. P., & Commission, I. M. (2011). Genetic and Molecular Aspects of Sports Performance: WOL <https://doi.org/10.1002/9781444327335>.
- Calderón, F., Cupeiro, R., Peinado, A., & Lorenzo-Capella, I. (2020). Variabilidad de la frecuencia cardiaca y ejercicio. ¿Fundamentación fisiológica? *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 20(78), 299-320. <https://doi.org/10.15366/rimcafd2020.78.008>
- Cardoso-dos-Santos, A. C., Boquett, J., de Oliveira, M. Z., Callegari-Jacques, S. M., Barbian, M. H., Sanseverino, M. T. V., . . . Schuler-Faccini, L. (2018).

- Twin Peaks: A spatial and temporal study of twinning rates in Brazil. *PLoS one*, 13(7), e0200885. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200885>
- Cohen, J. (1992). Statistical power analysis. *Curr Dir Psychol Sci.*, 1(3), 98-101. <https://doi.org/10.1111/1467-8721.ep10768783>
- E. Costa de Sousa, M. V. d. O. B., J.T. Pereira do Rego, L. Alonso, D. Sierra Sánchez, P. Moreira Silva Dantas. (2016). Heredabilidad de las capacidades motoras: estudio con gemelos monocigóticos y dicigóticos/ Heritability of motor skills: study with monozygotic and dizygotic twins. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 63. <https://doi.org/10.15366/rimcafd2016.63.005>.
- Ekelund, U., Luan, J. a., Sherar, L. B., Esliger, D. W., Griew, P., & Cooper, A. (2012). Moderate to Vigorous Physical Activity and Sedentary Time and Cardiometabolic Risk Factors in Children and Adolescents. *JAMA*, 307(7), 704 -712. <https://doi.org/10.1001/jama.2012.156>.
- Faria Coelho-Ravagnani, C., Melo, F. C. L., Ravagnani, F. C., Burini, F. H. P., & Burini, R. C. (2013). Estimation of the metabolic equivalent (met) of an exercise protocol based on indirect calorimetry. *Rev. Bras. Med. Esporte*, 19(2), 134-138. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922013000200013>
- Ferreira, P. H., Oliveira, V. C., Junqueira, D. R., Cisneros, L. C., Ferreira, L. C., Murphy, K., . . . Teixeira-Salmela, L. F. (2016). The Brazilian twin registry. *Twin Res Hum Genet*, 19(6), 687-691. <https://doi.org/10.1017/thg.2016.83>
- Friedewald, W. T., Levy, R. I., & Fredrickson, D. S. (1972). Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clinical chemistry*, 18(6), 499-502. <https://doi.org/10.1093/clinchem/18.6.499>.
- Guazzi, M., Arena, R., Halle, M., Piepoli, M. F., Myers, J., & Lavie, C. J. (2016). 2016 focused update: clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. *Eur Heart J*(133), 694 -711. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000406>.
- He, Y. Y., & Wang, W. R. (2019). Effects of a 12-week high intensity interval training on blood lipid of dyslipidemia patients with different apolipoprotein E genotypes. *Zhongguo ying yong sheng li xue za zhi= Zhongguo yingyong shenglixue zazhi= Chinese journal of applied physiology*, 35(1), 28-33.
- Hernández-Lepe, M. A., Olivas-Aguirre, F. J., Gómez-Miranda, L. M., Hernández-Torres, R. P., Manríquez-Torres, J. d. J., & Ramos-Jiménez, A. (2019). Systematic Physical Exercise and Spirulina maxima Supplementation Improve Body Composition, Cardiorespiratory Fitness, and Blood Lipid Profile: Correlations of a Randomized Double-Blind Controlled Trial. *Antioxidants*, 8(11), 507. <https://doi.org/10.3390/antiox8110507>.
- Hopkins, N., Stratton, G., Maia, J., Tinken, T. M., Graves, L. E., Cable, T. N., & Green, D. J. (2010). Heritability of arterial function, fitness, and physical activity in youth: A study of monozygotic and dizygotic twins. *Journal of Pediatrics*, 157(6), 943-948. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2010.06.005>
- Kawano, M., Shono, N., Yoshimura, T., Yamaguchi, M., Hirano, T., & Hisatomi, A. (2009). Improved cardio-respiratory fitness correlates with changes in the number and size of small dense LDL: randomized controlled trial with exercise training and dietary instruction. *Internal Medicine*, 48(1), 25-32. <https://doi.org/10.2169/internalmedicine.48.1527>.
- Livshits, G., Gao, F., Malkin, I., Needhamsen, M., Xia, Y., Yuan, W., . . . Spector, T. D. (2016). Contribution of Heritability and Epigenetic Factors to Skeletal

- Muscle Mass Variation in United Kingdom Twins. *J Clin Endocrinol Metab*, 101(6), 2450-2459. <https://doi.org/10.1210/jc.2016-1219>
- Marfell-Jones, M., Olds, T., Stewart, A., & Carter, L. (2006). International Standards for Anthropometric Assessment. Potchefstroom, South Africa: ISAK.
- McKinney, J., Lithwick, D. J., Morrison, B. N., Nazzari, H., Isserow, S. H., Heilbron, B., & Krahn, A. D. (2016). The health benefits of physical activity and cardiorespiratory fitness. *British Columbia Medical Journal*, 58(3), 131-137.
- Miyamoto-Mikami, E., Zempo, H., Fuku, N., Kikuchi, N., Miyachi, M., & Murakami, H. (2018). Heritability estimates of endurance-related phenotypes: A systematic review and meta-analysis. *Scand J Med Sci Sports*, 28(3), 834-845. <https://doi.org/10.1111/sms.12958>.
- Mônica de Souza, L., Priore, S. E., & Sylvia do Carmo, C. (2009). Métodos de avaliação da composição corporal em crianças. *Rev Paul Pediatr*, 27(3), 315-321. <https://doi.org/10.1590/S0103-05822009000300013>
- Mustelin, L., Joutsu, J., Latvala, A., Pietiläinen, K. H., Rissanen, A., & Kaprio, J. (2012). Genetic influences on physical activity in young adults: a twin study. *Med Sci Sports Exerc*, 44(7), 1293-1301. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182479747>.
- Mustelin, L., Latvala, A., Pietiläinen, K. H., Piirilä, P., Sovijärvi, A. R., Kujala, U. M., . . . Kaprio, J. (2011). Associations between sports participation, cardiorespiratory fitness, and adiposity in young adult twins. *J Appl Physiol*, 110(3), 681-686. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00753.2010>.
- Myers, J., & de Araújo, C. G. S. (2018). Ponto Ótimo Cardiorrespiratório em Futebolistas Profissionais: Uma Nova Variável Submáxima do Exercício. *Int J Cardiovasc Sci*, 31(4), 323-332.
- Nassef, Y., Nfor, O. N., Lee, K.-J., Chou, M.-C., & Liaw, Y.-P. (2019). Association between Aerobic Exercise and High-Density Lipoprotein Cholesterol Levels across Various Ranges of Body Mass Index and Waist-Hip Ratio and the Modulating Role of the Hepatic Lipase rs1800588 Variant. *Genes*, 10(6), 440. <https://doi.org/10.3390/genes10060440>
- Neale, M. C., & Cardon, L. R. (1992). Methodology for genetic studies of twins and families: *Springer Netherlands*. <https://doi.org/10.1007/978-94-015-8018-2>
- Oliveira, M. V., Sousa, E. C., Cabral, B. G. A., Sánchez, D. S., Alonso, L. V. S., Dantas, P. M. S., & Lemos, T. M. A. M. (2014). Heredabilidad de los indicadores antropométricos relacionados con obesidad en gemelos de ambos sexos entre 8 a 26 años de Brasil. *Arch Med Deporte*, 31 (1), 14 - 23.
- Ooi, F. K., & Ridzuan, H. M. A. (2016). Combined Effects of Oat Bran Supplementation and Jogging Exercise on Body Composition and Blood Lipid Profiles in Young Female. *International Journal of Sports Science* 2016, 6(5): 169-175
- Ooki, S., & Asaka, A. (2004). Zygosity diagnosis in young twins by questionnaire for twins' mothers and twins' self-reports. *Twin Res Hum Genet* 7(1), 5-12. <https://doi.org/10.1375/13690520460741381>.
- Ramos, P. S., & Araújo, C. G. S. (2017). Cardiorespiratory optimal point during exercise testing as a predictor of all-cause mortality. *Rev. Port. Cardiol.*, 36(4), 261- 269. <https://doi.org/10.1016/j.repc.2016.09.017>
- Ramos, P. S., Araújo, C. G. S. d., & Ricardo, D. R. (2012). Cardiorespiratory Optimal Point: a Submaximal Variable of the Cardiopulmonary Exercise Testing. *Arq Bras Cardiol*, 99(5), 988-996. <https://doi.org/10.1590/S0066-782X2012005000091>

- Ramos, P. S., Sardinha, A., Nardi, A. E., & de Araujo, C. G. S. (2014). Cardiorespiratory optimal point: a submaximal exercise variable to assess panic disorder patients. *PloS one*, 9(8), e104932. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104932>
- Schutte, N. M., Nederend, I., Hudziak, J. J., Bartels, M., & de Geus, E. J. (2016). Twin-sibling study and meta-analysis on the heritability of maximal oxygen consumption. *Physiological genomics*, 48(3), 210-219. <https://doi.org/10.1152/physiolgenomics.00117.2015>
- Silventoinen, K., Hasselbalch, A. L., Lallukka, T., Bogl, L., Pietilainen, K. H., Heitmann, B. L., . . . Kaprio, J. (2009). Modification effects of physical activity and protein intake on heritability of body size and composition. *Am J Clin Nutr*, 90(4), 1096-1103. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.27689>
- Silventoinen, K., Huppertz, C., van Beijsterveldt, C. E., Bartels, M., Willemsen, G., & Boomsma, D. I. (2016). The genetic architecture of body mass index from infancy to adulthood modified by parental education. *Obesity*, 24(9), 2004-2011. <https://doi.org/10.1002/oby.21588>
- Silventoinen, K., Rokholm, B., Kaprio, J., & Sorensen, T. I. (2009). The genetic and environmental influences on childhood obesity: a systematic review of twin and adoption studies. *Int J Obes (Lond)*, 34(1), 29-40. <https://doi.org/10.1038/ijo.2009.177>
- Tarnoki, A., Tarnoki, D., Molnar, A., Berczi, V., Garami, Z., & Karlinger, K. (2013). Contribution of genes to the Changes on body composition components: A two-year longitudinal study in a small Cohort of twins. *Acta endocrinol (Buc)*, 9(3), 489- 498. <https://doi.org/10.4183/aeb.2013.489>
- Thompson, W. R., Gordon, N. F., & Pescatello, L. S. (2009). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription: Hubsta Ltd.
- Wood, G., Murrell, A., van der Touw, T., & Smart, N. (2019). HIIT is not superior to MICT in altering blood lipids: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 5(1). <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2019-000647>.
- Zadro, J. R., Shirley, D., Andrade, T. B., Scurrah, K. J., Bauman, A., & Ferreira, P. H. (2017). The Beneficial Effects of Physical Activity: Is It Down to Your Genes? A Systematic Review and Meta-Analysis of Twin and Family Studies. *Sports Med - Open*, 3(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s40798-016-0073-9>

Número de citas totales / Total references: 43 (100%)

Número de citas propias de la revista / Journal's own references: 2 (4,65%)