

Configuración Dermatoglífica, ACTN3 y ECA: Un estudio transcultural en deportistas de diferentes Disciplinas

Dermatoglyphic Configuration, ACTN3 and ECA: A transcultural study in athletes of different Disciplines

*Claudio Hernández-Mosqueira, **Humberto Castillo-Quezada, ***Sebastián Peña-Troncoso, ****Andrea Joao, *****Rodrigo Moraga Muñoz, *****Mauricio Cresp-Barria, *****Alexis Caniuqueo-Vargas, *****Sandro Fernandes Da Silva, ****Jose Fernandes Filho

*Universidad de La Frontera (Chile), **Universidad Andres Bello, (Chile), ***Universidad Austral de Chile (Chile)/Universidad SEK (Chile), ****Universidad Federal de Rio de Janeiro (Brasil), *****Universidad Adventista de Chile (Chile), *****Universidad Católica de Temuco (Chile), *****Universidad Federal de Lavras (Brasil)

Resumen. El rendimiento físico se ha asociado con diferentes variantes genéticas. El objetivo de este estudio fue determinar la asociación entre características dermatoglíficas y los genotipos ACTN3 y ECA. La muestra la constituyen 82 seleccionados nacionales de diferentes modalidades deportivas de Brasil, Japón y Chile. Los marcadores ACTN3 y ECA se obtuvieron a través de una muestra de saliva y se analizaron mediante el empleo de cadena de la polimerasa en tiempo real a partir del iQ5 ThermalCycler, BioRad, mientras que para la configuración dermatoglífica se utilizó un lector de huella digital Verifier® 320 LC 2.0. Estos deportistas fueron clasificados en grupos de acuerdo a la configuración de sus patrones dermatoglíficos (A, L, W, D10 y SQTL) en los siguientes grupos: aeróbicos (n= 27); anaeróbicos (n= 55). En cuanto a la frecuencia de aparición de polimorfismos, para ambos grupos predomina el genotipo RX 48,0% y 49,1% de ACTN3, y DI 68,0% y 41,3% para ECA, en los grupos aeróbico y anaeróbico respectivamente. En el grupo aeróbico se observa una asociación muy alta entre ACTN3 con presilla, verticilo y D10 ($r=0,90$), en el grupo anaeróbico solo observa asociación alta en presilla ($r=0,77$), para el gen ECA se observan asociaciones moderadas entre presilla, verticilo y D10 ($r=0,45$), en el grupo aeróbico. **Conclusión:** Las características dermatoglíficas pueden estar asociados con la variante alélica del gen ACTN3 (RR) y ECA (DI), para perfiles deportivos de carácter anaeróbico.

Palabras clave: alfa-actinina; huella dactilar; polimorfismo genético.

Abstract. Physical performance has been associated with different genetic variants. The objective of this study was to determine the association between dermatoglyphic characteristics and the ACTN3 and ECA genotypes. The sample is established by 82 national teams from different sports modalities in Brazil, Japan and Chile. The ACTN3 and ECA markers were obtained through a saliva sample and was analyzed using the polymerase chain in real time from the iQ5 ThermalCycler, BioRad, while a Verifier® 320 LC fingerprint reader was used for the dermatoglyphic configuration. These athletes were classified into groups according to the configuration of their dermatoglyphic patterns (A, L, W, D10 and SQTL) in the following groups: aerobics (n = 27); anaerobic (n = 55). Regarding the frequency in the appearance of polymorphisms, the RX genotype 48.0% and 49.1% of ACTN3 predominated for both groups and DI 68.0% and 41.3% for ACE, in the aerobic and anaerobic groups respectively. In the aerobic group a very high association is observed between ACTN3 with a clip, verticil and D10 ($r = 0.90$), in the anaerobic group only a high association was observed in the clip ($r = 0.77$), for the ACE gene they are observed moderate associations between clip, verticil and D10 ($r = 0.45$), in the aerobic group. Conclusion: Dermatoglyphic characteristics may be associated with the allelic variant of the ACTN3 (RR) and RCT (DI) gene, for sports profiles of an anaerobic nature.

Keywords: Alpha-actinin; Fingerprint; Genetic Polymorphism.

Introducción

La selección y orientación de talentos en el deporte no es nada nuevo, existen una serie de pruebas físicas, psicológicas, deportivas basadas en una perspectiva de evaluación Biológica o Científica (Mesa, Aldana, y Jiménez, 2021). En los últimos años ha habido un gran progreso en las técnicas de biología molecular, que ha facilitado las investigaciones sobre la influencia de la genética en el rendimiento deportivo (El-Khoury, 2021; Rakesh, Dhillon, y Dhillon, 2020).

En este sentido, la genética y su interacción con el entorno determinan la capacidad atlética del individuo, a su vez Arroyo (2020), plantea que alrededor del 66% de la variación en el estado del deportista se explica por factores genéticos. De acuerdo a Ma et al, (2013), el gen ACTN3 codifica la proteína a-actinina-3, que se expresa casi exclusivamente en el sarcómero de las fibras glucolíticas rápidas de tipo II, las cuales son responsables de la generación de contracciones fuertes y rápidas durante actividades como carreras de velocidad y levantamiento de pesas. Y la ECA es una enzima que integra el sistema de aldosterona angiotensina renina fundamental para la regulación de la presión arterial (Rocha, et al., 2020).

El gen ACTN3 R577X y ECA son actualmente los

genes con la mayor evidencia científica al establecer una asociación de fenotipos con diversos deportes colectivos e individuales (Castilha et al., 2018; Goleva-Fjellet, 2016; Rocha et al., 2020). El alelo-I del gen ECA, y el alelo-X para el Gen ACTN3, se han asociado generalmente con la mejora de la resistencia, mientras que el alelo-D y el alelo-R para gen de la ECA y ACTN3, respectivamente, se han asociado con velocidad (Gunel et al., 2014; Kikuchi et al., 2015; Kikuchi y Nakazato, 2015; Schadock et al., 2015).

Dentro de este análisis genético, existe otra técnica que presenta resultados importantes como la dermatoglia, que deriva del latín dermo, significa «piel»; y del griego, glypha, «registro», es instaurada como ciencia que estudia las características genéticas a través de las huellas digitales (HD) fue propuesta como término por Cummins y Midlo, en la 42^o sesión anual de Anatomía realizada en 1926 recibiendo la clasificación de método, como rama de la ciencia médica. De acuerdo a Fernandes Filho (1997), las HD son marcas genéticas, informativas y objetivas, que no dependen de la etnia y de la nacionalidad, pudiendo ser utilizadas, mundialmente, en la práctica, selección y la orientación deportiva.

La identificación papilar, se basa en que los dibujos formados por las crestas digitales palmares que son de tres tipos arco (A), presilla (L) y verticilo (W), y que son formadas entre el tercer al sexto mes de vida intrauterina con la característica que son perennes, inmutables y clasificables de acuerdo a su diseño, constituyéndose en un marcador genético de amplio espectro (Fernandes Filho, 2010). Con ello se puede afirmar que la utilización de la dermatoglia, representa un gran instrumento para el análisis y reconocimiento de los patrones dermatoglíficos en cualidades físicas como fuerza, coordinación, resistencia y velocidad, además de caracterizar el perfil del deportista de alto rendimiento en diversas modalidades deportivas (Fernández-Aljoe, Garcia-Fernández, y Gastélum-Cuadras, 2020). De acuerdo a lo planteado por Fernandes Filho (2004); Joao y Fernandes Filho (2002), para la interpretación de los diseños corresponde a la siguiente combinación:

a) Un aumento de las presillas ($L > 7$), disminución del número de los verticilos ($W < 3$), presencia de Arcos (A) y disminución del SCTL, son indicadores de mayor predisposición al desarrollo de la cualidad física de velocidad y fuerza explosiva.

b) Ausencia de la huella digital del tipo arco (A), disminución de las presillas ($L < 6$), aumento en el número de los verticillos ($W > 4$) y un aumento del SCTL,

son indicadores de una mayor predisposición al desarrollo de la cualidad física de capacidad aeróbica y coordinación motora.

c) El D10 es indicador de potencial de coordinación motora y sus valores se encuentran de 0 a 20. En las modalidades de deportes de velocidad y de fuerza, se encuentran con valores bajos de (D10) y de (SCTL) En las modalidades deportivas, con la propiocepción compleja, se encuentran con altos valores de D10. Finalmente, en los grupos de deportes de Resistencia, el (D10) ocupa la posición intermedia.

En este contexto, la dermatoglia en los últimos años ha está siendo muy utilizada como método de evaluación y selección deportiva en América Latina, de ello dan cuenta numerosas publicaciones como las realizadas en Colombia por Sánchez, Castro, Argüello, Gálvez, y Melo, (2020), realizada con futbolistas profesionales, la de Rodríguez, Montenegro, y Petro, (2019), realizada con futbolistas juveniles, en Brasil, el de Alberti, Fin, Gomes de Souza, Hur-Soares, y Nodari, (2018), con jugadoras de futsal de alto rendimiento, el de Friedrich, Brasilino, y Morales, (2017), con jugadores profesionales de Paddle, en México las investigaciones de Juárez-Toledo, Domínguez-García, Laguna-Camacho, Sotomayor-Serrano, y Balbás-Lara, (2018), con futbolistas profesionales, la de Gastélum-Cuadras, Valenzuela-Jurado, López-Alonzo, Chávez-Erives, y Fernández-Aljoe, (2021) con gimnasia artística.

De este aumento en publicaciones en la temática de dermatoglia y deportes en América Latina, da cuenta una revisión sistemática realizada por Fernández-Aljoe et al. (2020), quienes concluyen que actualmente Colombia y Brasil son los países con mayor cantidad de estudios utilizando la dermatoglia, y el deporte que más se ha publicado es el fútbol.

Pero a pesar del alto número de publicaciones utilizando marcadores genéticos, y la dermatoglia en deportes, en la actualidad existe escasa evidencia de estudios donde se relacionen marcadores genéticos como a la ACTN3 y la ECA con la dermatoglia. En el caso de Chile, este tipo de estudios no se han realizado, y en este sentido solo podemos mencionar estudios que han utilizado la dermatoglia en la elaboración de perfiles dermatoglíficos en futbolistas profesionales de un club de la ciudad de Chillán (Hernández-Mosqueira, Hernández, y Fernandes Filho, 2013), futbolistas de proyección (Hernández-Mosqueira et al., 2013), en atletas donde asociaron los diseños palmares con capacidad física de atletas pertenecientes al centro de iniciación y especialización de atletismo de la primera región (Díaz

y Espinoza, 2008), y en seleccionados chilenos de remo, donde asociaron la dermatoglia con fuerza máxima (Abad-Colil, Hernández-Mosqueira, y Fernandes Filho, 2015), y estudios realizados con deportistas chilenos donde utilicen ACTN3 y ECA, solo podemos mencionar el de Moraga-Muñoz et al. (2021), donde se analizó ACTN3, ECA y el somatotipo en seleccionados chilenos de tenis de mesa.

Por ello, creemos que la identificación de la configuración dermatoglífica como herramienta adicional para el polimorfismo ACTN3 y ECA, podría facilitar el proceso de selección de los deportes y proporcionar alguna orientación para la prescripción de la formación en sintonía con las necesidades individuales de estos deportistas. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar la asociación entre características dermatoglíficas y los genes ACTN3 y ECA en diferentes modalidades deportivas.

Material y método

Este estudio fue de tipo descriptivo, comparativo y correlacional. Participaron 82 deportistas de diferentes modalidades deportivas, todos seleccionados nacionales de su respectivo país, presentando la siguiente distribución: Brasil (gimnasia rítmica, gimnasia artística femenina y masculina, categoría juvenil y adulta), Japón (gimnasia artística, categoría Juvenil masculina), Chile (tenis de mesa, categoría adulta masculina). Estos deportistas fueron clasificados en grupos de acuerdo a la configuración de sus patrones dermatoglíficos (A, L, W, D10 y SQT), tomando como referencia lo propuesto por (Dantas, Alonso, y Fernandes Filho, 2004; Serhiyenko y Lishevskaya, 2010), quedando divididos en grupo aeróbico (N = 29), grupo anaeróbico (N = 53). Todos los deportistas fueron informados de los procedimientos involucrados en la investigación y se les pidió que firmar un formulario de consentimiento informado, de esta forma se procedió de acuerdo a la declaración de Helsinki (Asociación Médica Mundial, 2019).

Análisis Dermatoglífico

Para la captura de HD se utilizó el Lector Verifier® 320 LC 2.0, y para el análisis de las HD, se utilizó el protocolo de Dermatoglia de Cummins y Midlo (1961).



Figura 1. Lector de Huellas Digitales Verifier® 320 LC 2.0

La técnica utilizada para la toma de las huellas, fue la de dedo rodado, que consiste en posicionar el dedo en el centro del lector y comenzar a rodar hacia el lado derecho y luego al izquierdo a la orden del evaluador. Después de realizada la recolección de las (HD), fueron hechos los procesamientos preliminares de lectura cuyo protocolo es el siguiente:

1°) **Valoración cualitativa.** Determinar los tipos de diseños de los dedos de las manos. Los tipos de diseño en las falanges distales de los dedos de las manos (FIGURA 2) son:

a) Arco (A): Cuya característica principal es la ausencia de triángulos o deltas, y se compone de crestas que atraviesan, transversalmente, la almohada digital (FIGURA 2-a).

b) Presilla (L): Diseño con presencia de un delta. Se trata de un diseño medio cerrado en que las crestas cutáneas comienzan de un extremo del dedo, se encorvan distalmente con relación al otro, sin acercarse a donde inician. (FIGURA 2-b).

c) Verticilo (W): Diseños con presencia de dos deltas. Se trata de una figura cerrada, en que las líneas centrales se concentran en torno del núcleo del diseño (FIGURA 2-c).

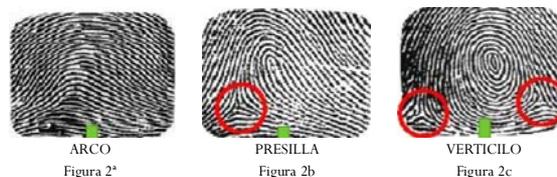


Figura 2. Tipos de Diseños de las Huellas Digitales. Fuente: (Hernández-Mosqueira et al., 2013)

2°) **Valoración cuantitativa.** En este punto, se realiza la cuantificación de los índices patrones fundamentales de las HD que se describen en 3 pasos:

a) Conteo de la Cantidad de Líneas: Es la cuenta de la cantidad de líneas desde las crestas cutáneas, y se cuentan de acuerdo a la línea que une el delta y el centro del dibujo, sin ser tomadas en cuenta la primera y última línea de las crestas.

b) Cálculo del índice Delta (D10), que se obtiene de la suma de deltas de todos los diseños, de modo que el valor relativo de Arco (A) es siempre 0 (debido a la ausencia de delta); de cada Presilla (L) = 1 (un delta); de cada Verticilo (W) = 2 (dos deltas), finalmente para determinar el D10 se aplica la siguiente fórmula $D10 = \sum L + 2 \sum W$

c) La sumatoria total de las líneas (SQT) de los diez dedos de las manos.

Este método se ha utilizado con los atletas de élite, vinculando el carácter de los índices dermatoglíficos a

las clasificaciones somato-funcionales descritos por diversos estudios (Fernandes Filho, 2010; Fernandes Filho, 1997; Hernández-Mosqueira et al., 2013; Rolim Filho, 2007; Serhiyenko y Lishevskaya, 2010).

Genotipado de bienes residuales 577 de ACTN3 Recolección de ADN

El material biológico utilizado para analizar el ACTN3 Polimorfismo R577XY y ECA provenía de las células de la mucosa oral que se recogieron utilizando un bastoncillo de algodón estéril a través de la saliva. Para su análisis, la muestra fue enviada al laboratorio forense de ADN del Instituto de Policía Científica de Paraíba-SPI/PB/BR, Brasil y Helixxa Servicios Genómicos - División de Deporte - Laboratorio de Apoyo - Campinas - SP, Brasil.

Genotipado

Las muestras recogidas se sometieron a extracción de ADN de acuerdo con la procedimientos descritos por Walsh, Metzger, y Higuchi (1991). Los genotipos fueron determinados mediante el empleo de cadena de la polimerasa en tiempo real con el equipo IQ5 ThermalCycler (Bio-Rad Laboratories, Inc.), con un kit para determinar el polimorfismo R577X y polimorfismo ECA D/I, de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

Análisis Estadístico

Para el análisis de los datos se utilizó estadística descriptiva para representar las frecuencias dermatoglíficas de A, L, W, D10, y STQL, así como las frecuencias del polimorfismo ACTN3 R577X y ECA según lo determinado por conteo de genes. Las frecuencias se representan como valores porcentuales con el fin de identificar las diferencias entre los subgrupos de la muestra. Para asociar las variables dermatoglíficas con genes ACTN3 y ECA se utilizó la prueba Chi-cuadrado (χ^2). Todos los análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS), versión 21.0 adoptando un nivel de significancia $p < 0,05$.

Resultados

En la tabla 1, se describe la muestra de acuerdo a su configuración dermatoglífica, donde se observa un predominio de presillas (L) en relación con los demás diseños digitales en los gimnastas de Brasil y Japón, a diferencia del tenis de mesa de Chile, donde predomina el verticilo (W), y en todos los deportistas se observa una

escasa presencia de arco (A). En cuanto al D10, se puede observar un elevado número en los gimnastas japoneses y los tenimesistas chilenos, en el resto de los deportes se observan moderados valores de D10, esta situación no ocurre al ver los valores de SQTL, donde los tenimesistas chilenos obtienen el mayor valor y los valores más bajos lo tienen los gimnastas juveniles y adultos masculinos con la gimnasia rítmica.

Tabla 1.
Descriptivos de acuerdo a la configuración Dermatoglífica

País	Deporte	ACTN3			D10	SQTL
		n	%	%		
Brasil	Gimnasia Femenina Adulta	9	5,0	70,0	25,0	12,6±3,16 112,3±37,41
	Gimnasia Femenina juvenil	14	4,7	62,0	33,3	13,0±2,99 126,8±28,57
	Gimnasia Masculina juvenil y Adulta	22	5,5	67,7	26,8	12,2±3,48 108,5±41,39
	Gimnasia Rítmica	14	4,3	56,4	39,3	13,5±2,90 98,9±24,66
Japón	Gimnasia Masculina Juvenil	15	4,0	50,7	45,3	14,1±3,85 113,0±28,73
Chile	Tenis de Mesa Masculino Adulto	8	7,5	38,8	53,8	14,6±3,81 143,6±43,61
Total		82	5,2	57,6	37,3	13,3±3,37 117,6±34,06

Con relación a la frecuencia de aparición de polimorfismos el genotipo RX ACTN3 fue el que obtuvo una mayor frecuencia de aparición en la mayoría de los deportistas evaluados. Solo el grupo de gimnasia femenina juvenil de Brasil cuya mayor frecuencia genotípica se observa en el genotipo RR y XX. En cuanto a ECA, el genotipo DI obtuvo una mayor frecuencia en los deportistas evaluados. Sin embargo, se observan algunas diferencias, ya que las gimnastas rítmicas de Brasil presentaron un mayor predominio del genotipo DD y los tenimesistas de Chile presentaron un predominio de DD y DI (tabla 2)

Tabla 2.
Descriptivos frecuencia de aparición de polimorfismos del gen ACTN3 y ECA (porcentajes)

País	Deporte	ACTN3			ECA		
		RR	RX	XX	DD	DI	II
Brasil	Gimnasia Femenina Adulta	33,3	60,7	0,0	33,3	55,6	1,1
	Gimnasia Femenina juvenil	42,9	14,3	42,9	14,3	64,3	21,4
	Gimnasia Masculina juvenil y Adulta	22,7	54,5	22,7	36,4	45,6	18,1
	Gimnasia Rítmica	21,4	57,1	21,4	57,1	42,9	0,0
Japón	Gimnasia Masculina Juvenil	26,7	60,0	13,3	13,3	46,7	40,0
Chile	Tenis de Mesa Masculino Adulto	25,0	25,0	50,0	50,0	50,0	0,0
Total		28,67	45,27	25,05	34,07	50,85	13,43

En la tabla 3, se presenta la conformación de los grupos de acuerdo a su configuración dermatoglífica basados en el número de líneas y tipos de patrones digitales A, L, W, índices D10 y SQTL, quedando divididos en grupo anaeróbico 67,07% y aeróbico 32,93%. Los resultados de frecuencia relativa para las fórmulas y los patrones indicaron que el grupo anaeróbico presentó un predominio de presilla 74,7%, con relación a los demás diseños digitales, mientras que el grupo aeróbico presentó un predominio de verticilo 73,8%. En cuanto al D10 y SQTL, se puede observar un elevado número en el grupo aeróbico, situación que no se observa en el grupo anaeróbico donde se obtienen los valores más bajos de D10 y SQTL. En cuanto a la frecuencia de aparición

de polimorfismos, para ambos grupos predomina el genotipo RX 48,0% y 49,1% de ACTN3, y DI 68,0% y 41,3% para ECA, en los grupos aeróbico y anaeróbico respectivamente.

Tabla 3.
Configuración Dermatoglífica, de ACTN3 y ECA en función al componente aeróbico y anaeróbico.

Grupo aeróbico (n=27) Dermatografía					Grupo anaeróbico (n=55) Dermatografía						
A	L	W	D10	SQTL	A	L	W	D10	SQTL		
0,0%	26,3%	73,8%	17,3	133,3	7,7%	74,7%	17,5%	11,1	102,5		
(med)					(med)						
ACTN3					ECA						
RR	RX	XX	DD	DI	II	RR	RX	XX	DD	DI	II
28,0%	48,0%	24,0%	24,0%	68,0%	8,0%	30,2%	49,1%	20,7%	37,9%	41,3%	20,8%
(med)= Valores expresados en media.											

Al realizar la asociación entre la configuración dermatoglífica y el gen ECA (ver tabla 4), se observa en el grupo aeróbico una asociación moderada entre presilla, verticilo y D10 con el gen ECA ($r=0,45$), una baja asociación entre SQTL y ECA ($r=0,19$). Pero una situación muy diferente se observa al asociar la configuración dermatoglífica con el gen ACTN3, donde se observa una asociación muy alta en presilla, verticilo y D10 ($r=0,90$), y moderada en SQTL ($r=0,50$). En el grupo anaeróbico se observa una asociación baja entre el gen ECA y Arco ($r=0,26$), Presilla ($r=0,28$), Verticilo ($r=0,01$), D10 ($r=0,19$) y SQTL ($r=0,28$), y al asociar la configuración dermatoglífica con el gen ACTN3, se observa una asociación alta solo en presilla ($r=0,77$), y moderadas en verticilo ($r=0,52$), D10 ($r=0,42$) y SQTL ($r=0,41$), solo en arco se observa una baja asociación ($r=0,25$).

Tabla 4.
Asociaciones entre variables Dermatoglíficas y genes ACTN3 y ECA en grupos Aeróbicos y Anaeróbicos.

	Grupo Aeróbico (n=27)		Grupo Anaeróbico (n=55)	
	ECA	ACTN3	ECA	ACTN3
Arco	---	---	0,264	0,252
Presilla	0,452	0,903	0,287	0,773
Verticilo	0,452	0,903	0,018	0,524
D10	0,452	0,903	0,198	0,424
SQTL	0,190	0,502	0,289	0,412

a=Grupo Aeróbico no tiene presencia de arcos.

Discusión

El objetivo de este estudio fue determinar la asociación entre características dermatoglíficas y los genotipos ACTN3 y ECA, que se podrían utilizar para proporcionar perfiles para el alto rendimiento. En la literatura se asocia el alelo-X del Gen ACTN3 con la mejora de la resistencia, y el alelo-R con velocidad (Gunel et al., 2014; Kikuchi et al., 2015; Kikuchi y Nakazato, 2015; Schadock et al., 2015). Nuestros resultados indican que los deportistas que conforman el grupo Aeróbico el genotipo predominante ACTN3 es el RX 48,0%, lo que indica una predisposición genética para el rendimiento de carácter anaeróbico. Estos resultados son concordantes

con otras investigaciones, como la de Massidda et al. (2015), realizada con atletas de elite italianos, donde la predominancia del gen ACTN3 fue de un 60% del alelo RX en pruebas de resistencia y de un 58% de predominio del alelo XX pruebas de velocidad, en el estudio de Grenda et al. (2014), el gen ACTN3 alelo RX presento una predominancia de un 10,8% en nadadores polacos de larga distancia.

En cuanto al gen ECA el alelo DI es predominante con un 68,0%, lo que indica una predisposición genética para el rendimiento de carácter anaeróbico. El genotipo D puede ser más beneficioso para los deportes de potencia o atletas de velocidad, como el estudio de Amir et al (2007), con velocistas de Israel, Grenda et al. (2014), con nadadores Polacos de distancias cortas, Elsayy y Shaban, (2014), con Taekwondistas femeninas Egipcias.

Por el contrario, el genotipo I se ha encontrado una fuerte asociación con varios tipos de deportes de resistencia, como el estudio de Grealy et al. (2015), realizado con Triatletas participantes del Ironman de Kona, y el de Gunel et al. (2014), en deportistas de elite. En el caso de nuestros resultados, creemos que estos se pueden atribuir a los tipos de deportistas evaluados, ya que, por su naturaleza predominantemente anaeróbica, pudiesen haber influido en este resultado.

Esto se refuerza con lo planteado por el estudio de Ahmetov et al. (2009), donde evaluaron a 1.423 deportistas rusos y 1132 deportistas del grupo control, en diferentes modalidades deportivas utilizando en su evaluación 15 polimorfismos genéticos. De ellos, encontraron 10 alelos de resistencia (NFATC4 Gly160, rs4253778 G, PPARD rs2016520 C, PPARGC1A Gly482, PPARGC1B 203Pro, PPP3R1 promotor 5I, TFAM 12Thr, UCP2 55Val, UCP3rs1800849T y VEGFA rs2010963 C), que presentaron una asociación con deportistas de resistencia de elite, pero que, en el caso de la Gimnasia Artística, donde fueron 55 los deportistas evaluados, no encontraron ninguna asociación de estos 15 polimorfismos con la capacidad aeróbica.

En cuanto al grupo Anaeróbico, hemos encontrado que este grupo si poseía una predisposición genética para rendimiento anaeróbico, ya que el genotipo predominante ACTN3 es el RX 49,1% y ECA el DI 39,6%, con ello su configuración dermatoglífica presento una predisposición a un alto rendimiento de la potencia anaeróbica.

Estos resultados concuerdan con otras investigaciones en deportistas de naturaleza anaeróbica como los de Ben-Zaken et al. (2015), donde el predominio del gen ACTN3 alelo RX fue de 43,1% en corredores de

velocidad, y de un 51,2% en nadadores de Velocidad. Analizando el comportamiento de las variables dermatoglíficas con los resultados encontrados para cada uno de los grupos con la frecuencia del genotipo de ACTN3 y ECA del presente estudio, demostró que el grupo Anae, presentó una elevación en la aparición de los diseños L, W y escasa presencia de los diseños tipo A, además de la discreta elevación de los índices D10 y SQTL.

Estos aspectos caracterizan al grupo con una predisposición a la resistencia de velocidad y con razonables niveles de coordinación y resistencia (Linhares et al., 2009). Todo esto es corroborado al realizar la asociación entre la configuración dermatoglífica y gen ACTN3 y ECA en el grupo anaeróbico, donde observamos una baja asociación entre el gen ECA y Arco ($r=0,26$), Presilla ($r=0,28$), Verticilo ($r=0,01$), D10 ($r=0,19$) y SQTL ($r=0,28$), y obteniendo similares resultados en el gen ACTN3, se observa una asociación alta solo en presilla ($r=0,77$), y moderadas en verticilo ($r=0,52$), D10 ($r=0,42$) y SQTL ($r=0,41$), solo en arco se observa una baja asociación ($r=0,25$), lo que determinaría características del grupo predominando cualidad física de velocidad y fuerza explosiva. Una situación similar es la que presentan las asociaciones para el grupo aeróbico que presenta una asociación moderada entre presilla, verticilo y D10 con el gen ECA ($r=0,45$), una baja asociación entre SQTL y ECA ($r=0,19$).

Pero una situación muy diferente se observa al asociar la configuración dermatoglífica con el gen ACTN3, donde se observa una asociación muy alta en presilla, verticilo y D10 ($r=0,90$), y moderada en SQTL ($r=0,50$), lo que determinaría características del grupo predominando cualidad física de capacidad aeróbica y coordinación.

Finalmente es importante mencionar que el poder de un factor genético para servir como el único diferenciador entre especialidades deportivas de naturaleza aeróbicas o anaeróbicas aun es limitado, de acuerdo a Ben-Zaken et al. (2015), plantea que la parte física, la técnica, táctica, y los factores psicológicos tienen más probabilidades de influir y determinar tal distinción, especialmente en ciertos tipos de deporte, como la natación. Por eso se hace necesario estudiar diferentes modalidades deportivas, de naturaleza aeróbica y anaeróbica, a fin de dilucidar este tipo de interrogantes.

Conclusiones

Los resultados de nuestro estudio plantean que las

características dermatoglíficas pueden estar asociadas con la variante alélica del gen ACTN3 (RR) y ECA (DI), para perfiles deportivos de naturaleza anaeróbica. Por este motivo, la Dermatoglifia podría ser utilizada como un complemento, a la genotipificación de ACTN3 y ECA, teniendo un gran potencial para ayudar en la selección de los deportes, especialmente en términos de detectar aquellos individuos con una predisposición característica hacia la potencia anaeróbica. Además, la dermatoglifia como alternativa de evaluación presenta diversas ventajas que deben ser consideradas, como el bajo costo económico, no es invasiva y presenta un protocolo simple de evaluación, lo que permitirá evaluar a un mayor número de deportistas de diferentes modalidades deportivas.

Referencias

- Abad-Colil, F., Hernández-Mosqueira, C., y Fernandes Filho, J. (2015). Dermatoglifia, fuerza máxima y rendimiento ergométrico en seleccionados chilenos de remo. *Revista Horizonte Ciencias de la Actividad Física*, 6(1), 07-13. Recuperado de <http://www.revistahorizonte.ulagos.cl/index.php/horizonte/article/view/153>
- Ahmetov, I., Williams, A., Popov, D., Lyubaeva, E., Hakimullina, A., Fedotovskaya, O., . . . Montgomery, H. (2009). The combined impact of metabolic gene polymorphisms on elite endurance athlete status and related phenotypes. *Human genetics*, 126(6), 751-761. doi: <https://doi.org/10.1007/s00439-009-0728-4>
- Alberti, A., Fin, G., Gomes de Souza, R, Hur Soares, B, y Nodari, J. (2018). Dermatoglifia: as impressões digitais como marca característica dos atletas de futsal feminino de alto rendimento do Brasil. *RBFF-Revista Brasileira de Futsal e Futebol*, 10(37), 193-201. Recuperado de <http://www.rbff.com.br/index.php/rbff/article/view/575/465>
- Amir O, Amir R, Yamin C, Attias E, Eynon N, Sagiv M, Sagiv M, Meckel Y. (2007). The ACE deletion allele is associated with Israeli elite endurance athletes. *Experimental Physiology*. 92(5):881-6. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2007.038711>
- Arroyo, W. (2021). Genética y fútbol: asociación de los polimorfismos genéticos ACTN3 y ACE-I/D en jugadores de fútbol: Revisión literaria. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*. (39), 929-936. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.79347>

- Asociación Médica Mundial. (2019). Declaración de Helsinki de la AMM-Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. Recuperado de <http://repositorio.mederi.com.co/bitstream/handle/123456789/386/Declaracion-Helsinki-2013-Esp.pdf?sequence=1>
- Ben-Zaken, S., Eliakim, A., Nemet, D., Rabinovich, M., Kassem, E., y Meckel, Y. (2015). ACTN3 Polymorphism: Comparison Between Elite Swimmers and Runners. *Sports medicine-open*, 1(1), 13. doi: <https://doi.org/10.1186/s40798-015-0023-y>
- Castilha, F., Ferreira, H., Oliveira, G., Oliveira, T., Fernandes, P., y Fernandes Filho, J. (2018). The Influence of Gene Polymorphisms and Genetic Markers in the Modulation of Sports Performance: A Review. *Journal of Exercise Physiology Online*, 21, 248+. Recuperado de <https://link.gale.com/a/p/s/doc/A535825191/AONE?u=anon~483d9a57&sid=googleScholar&cid=e4c4bfa>
- Cummins, H., y Midlo, C. (1961). *Finger prints, palms and soles: an introduction to dermatoglyphics* (Vol. 319): Dover Publications New York. doi: <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330020212>
- Dantas, P., Alonso, L., y Fernandes Filho, J. (2004). A dermatoglia no futsal brasileiro de alto rendimento. *Fitness & performance journal*(3), 136-142. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2954366>
- Díaz, J., y Espinoza, O. (2008). Datiloscopia y aptitud física de los integrantes del Centro de Iniciación y Especialización de Atletismo de la Primera Región. *Fitness and Performance Journal*, 7(4), 209-216. doi: <https://doi.org/10.3900/fpj.7.4.209.s>
- El-Khoury, L. (2021). Chapter 3 - Methods to study exercise and sports epigenetics. In S. M. Raleigh (Ed.), *Epigenetics of Exercise and Sports* (Vol. 25, pp. 37-61): Academic Press.
- Elsawy, G., y Shaban, A. (2014). Genotype of angiotensin converting enzyme for elite female taekwondo players in Egypt. *Ovidius University Annals, Series Physical Education and Sport. Science, Movement and Health*, 14(1), 45-51. Recuperado de <https://www.analefefs.ro/anale-fefs/2014/i1/pe-autori/7.pdf>
- Fernández-Aljoe, R., García-Fernández, D. A., y Gastélum-Cuadras, G. (2020). La dermatoglia deportiva en América en la última década una revisión sistemática. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*. (38), 831-837. <https://doi.org/10.47197/retos.v38i38.76459>
- Fernandes Filho, J. (2010). La impresión digital (dermatoglifos) y la detección de talentos deportivos. *Impresión digital (dermatoglifos) y la detección de talentos deportivos*. [Libro electrónico en CD-ROOM] ISBN: 978-85-909946-2-6.
- Fernandes Filho, J. A. T. (1997). A utilização de índices Dermatoglicos na seleção de talentos esportivos. *Treinamento Desportivo*, Vol. 2 N° 1, 41 – 46.
- Friedrich, E., Brasilino, F., y Morales, P. (2017) Profile Dermatoglyphy of professional Paddle players of Brazil. *The FIEP Bulletin*. Recuperado de <https://www.fiepbulletin.net/index.php/fiepbulletin/article/view/5865/12369>
- Gastélum-Cuadras, G., Valenzuela-Jurado, F., López-Alonzo, S., Chávez-Erives, A., y Fernández-Aljoe, R. (2021). Perfil dermatoglífico y potencialidades físicas de niñas de gimnasia artística de competencia: Comparación con no gimnastas. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 13-16. <https://doi.org/10.33155/j.ram.2020.04.001>
- Goleva-Fjellet, S. (2016). ACE I/D and ACTN3 R577X polymorphisms in the Norwegian population: Do ACE I/D and ACTN3 R577X polymorphisms influence self-reported physical activity levels? (Master's thesis), Høgskolen i Telemark University College.
- Grealy, R., Herruer, J., Smith, C., Hiller, D., Haseler, L., y Griffiths, L. (2015). Evaluation of a 7-Gene Genetic Profile for Athletic Endurance Phenotype in Ironman Championship Triathletes. *PloS one*, 10(12). Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0145171>
- Grenda, A., Leńska-Duniec, A., Kaczmarczyk, M., Ficek, K., Król, P., Ciêszczyk, P., y Ćmijewski, P. (2014). Interaction between ACE I/D and ACTN3 R557X polymorphisms in polish competitive swimmers. *Journal of human kinetics*, 42(1), 127-136. doi: <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0067>
- Gunel, T., Gumusoglu, E., Hosseini, M., Yilmazyildirim, E., Dolekcap, I., y Aydinli, K. (2014). Effect of angiotensin I-converting enzyme and á-actinin-3 gene polymorphisms on sport performance. *Molecular medicine reports*, 9(4), 1422-1426. doi: <https://doi.org/10.3892/mmr.2014.1974>
- Hernández-Mosqueira, C., Hernández, D., y Fernandes Filho, J. (2013). Perfil Dermatoglífico de Jugadores Profesionales de Fútbol del club Deportivo Ñublense de la ciudad de Chillan. *Revista Motricidad Humana*, 14, 9-15. doi: <https://doi.org/10.5027/jmh->

- Vol14-Issue1(2013)art60
- Hernández-Mosqueira, C., Ibarra, J., Retamales, F., Valenzuela, R., Hernández, D., y Fernandes Filho, J. (2013). Perfil Dermatoglífico en futbolistas de proyección del club Deportivo Ñublense de Chillan. *Revista de las Ciencias de la Actividad Física del Instituto Nacional de Deportes*, 8, 69-78.
- John, R., Dhillon, M., y Dhillon, S. (2020). Genetics and the Elite Athlete: Our Understanding in 2020. *Indian Journal of Orthopaedics*, 54(3), 256-263. doi: <https://doi.org/10.1007/s43465-020-00056-z>
- Juárez-Toledo, L., Domínguez-García, M., Laguna-Camacho, A., Sotomayor-Serrano, N., y Balbás-Lara, F. (2018). Somatotipo y Dermatoglifia dactilar en Futbolistas Mexicanos. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 18 (70). <https://doi.org/10.15366/rimcafd2018.70.011>
- Kikuchi, N., Miyamoto-Mikami, E., Murakami, H., Nakamura, T., Min, S.-K., Mizuno, M., . . . Fuku, N. (2015). ACTN3 R577X genotype and athletic performance in a large cohort of Japanese athletes. *European journal of sport science*, 1-8. doi: <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1071879>
- Kikuchi, N., y Nakazato, K. (2015). Effective utilization of genetic information for athletes and coaches: focus on ACTN3 R577X polymorphism. *Journal of exercise nutrition & biochemistry*, 19(3), 157. doi: <https://doi.org/10.5717/jenb.2015.15093001>
- Linhares, R., Matta, M., Lima, J., Dantas, P., Costa, M., y Fernandes Filho, J. (2009). Efeitos da maturação sexual na composição corporal, nos dermatóglifos, no somatótipo e nas qualidades físicas básicas de adolescentes. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, 53, 47-54. <https://doi.org/10.1590/S0004-27302009000100008>
- Ma, F., Yang, Y., Li, X., Zhou, F., Gao, C., Li, M., y Gao, L. (2013). The association of sport performance with ACE and ACTN3 genetic polymorphisms: a systematic review and meta-analysis. *PloS one*, 8(1), e54685. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054685>
- Massidda, M., Bachis, V., Corrias, L., Piras, F., Scorcu, M., Culigioni, C., . . . Calò, C. M. (2015). ACTN3 R577X polymorphism is not associated with team sport athletic status in Italians. *Sports Medicine-Open*, 1(1), 1-5. doi: <https://doi.org/10.1186/s40798-015-0008-x>
- Mesa, C., Aldana, C., y Jiménez, E. (2021). Actividades físicas y deportivas en la identificación de posibles talentos para el deporte (Original). *Revista científica Olimpia*, 18(1), 306-319. Recuperado de <https://revistas.udg.co.cu/index.php/olimpia/article/view/2272>
- Moraga, R., Caniuqueo-Vargas, A., Monsalves-Alvarez, M., Cresp-Barría, M., Hernández-Mosqueira, C., Roquetti, P., y Fernandes Filho, J. (2021). Somatotipo y polimorfismo del gen ACTN3 y ECA en jugadores de tenis de mesa chilenos. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación* (41), 791-797. <https://doi.org/10.47197/retos.v41i0.81410>
- Rocha, A., Nascimento, W., Oliveira, C., Pereira, J., Nascimento, O., Santos, J., . . . Astolfi, S. (2020). Frequency of gene ACE I polymorphism ID in athletes of different sports. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 26(2), 107-112. <https://doi.org/10.1590/1517-869220202602218862>
- Rodriguez, A., Montenegro, O., y Petro, J. (2019). Perfil dermatoglífico y somatotipificación de jugadores adolescentes de fútbol. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*. (36), 32-36. <https://doi.org/10.47197/retos.v36i36.67087>
- Rolim, N., (2007). Identificación do Perfil Dermatoglífico e Somatotipico de Pentatletas Modernos Brasileiros de Alto Rendimiento. *Revista de Educacao Física*, 139, 29-39.
- Sánchez, I., Castro, L., Argüello, Y., Gálvez, A., y Melo, P. (2020). Relación entre marcadores dermatoglíficos y el perfil morfofuncional en futbolistas profesionales de Bogotá, Colombia. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*. (41), 182-190. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i41.83032>
- Schadock, I., Schneider, A., Silva, E., Buchweitz, M., Correa, M., Pesquero, J., . . . Barros, C. (2015). Simple Method to Genotype the ACTN3 r577x Polymorphism. *Genetic testing and molecular biomarkers*, 19(5), 253-257. doi: <https://doi.org/10.1089/gtmb.2014.0299>
- Serhiyenko, L., y Lishevskaya, V. (2010). Methods of Sports Genetics: dermatoglyphic analysis of human fingerprints (information 1). *Pedagogika, psihologia ta mediko-biologicni problemi fizicnogo viovanna i sportu*, 2, 148-154. Recuperado de <https://www.sportpedagogy.org.ua/html/journal/2010-02/10slphfi.pdf>
- Walsh, P., Metzger, D., y Higuchi, R. (1991). Chelex 100 as a medium for simple extraction of DNA for PCR-based typing from forensic material. *Biotechniques*, 10(4), 506-513. Recuperado de <https://www.future-science.com/doi/10.2144/000114018>