

Somatotipo y polimorfismo del gen ACTN3 y ECA en jugadores de tenis de mesa chilenos

Somatotype and polymorphism of the ACTN3 and ACE gene in Chilean table tennis players

*Rodrigo Moraga Muñoz, **Alexis Caniuqueo Vargas, ***Matías Monsalves-Alvarez, **Mauricio Cresp Barría, ****Claudio Hernández Mosquera, *****Paula Roquetti Fernandes, *****Jose Fernandes Filho
*Universidad Adventista de Chile (Chile), **Universidad Católica de Temuco (Chile), ***Universidad de O'Higgins (Chile), ****Motion Health & Performance Center (Chile), *****Universidad Federal de Río de Janeiro (Brasil).

Resumen. Introducción. El estudio de variables antropométricas y genéticas son fundamentales como determinantes del rendimiento deportivo. Objetivo. El objetivo del estudio fue determinar el somatotipo y la frecuencia de genotipo y alelo de 506β-actinina 3 (ACTN3) R577X y enzima convertidora de angiotensina (ECA) I/D polimorfismo de jugadores de tenis de mesa chilenos. Método. Se estudiaron 24 tenistas varones (edad 22,1 ± 5,4) del ranking nacional de Chile. La obtención de ACTN3 y ECA se recogió por muestra de saliva y se analizaron mediante reacción en cadena de la polimerasa convencional. La estructura corporal se caracterizó a través del método del somatotipo propuesto por Carter. A partir de estadísticas descriptivas, se analizaron los valores medios de somatotipo, frecuencia de clasificación y ubicación de somatotipo, además, de valores de frecuencia de genotipo y alelo de ACTN3 R/X y ECA I/D polimorfismo de acuerdo con número de aparición y porcentaje. Resultados. Se evidenció un predominio de clasificación mesoendomorfa y endomorfa, una mayor frecuencia fenotípica XX con predominio de alelo X para el gen ACTN3 y mayor frecuencia DI con predominio de alelo D para ECA. Conclusión. El somatotipo de tenistas chilenos tiene una orientación hacia mesoendomorfa y un predominio XX y alelo X del gen ACTN3 y, predominio del genotipo DI y alelo D del gen ECA, estas características podrían ofrecer una ventaja genética en cuanto a niveles de fuerza y potencia muscular, posiblemente facilitando la práctica y el éxito competitivo en estos tenistas chilenos.

Palabras clave: Somatotipo, Polimorfismo, ACTN3, ECA.

Abstract. Introduction. The study of anthropometric and genetic variables are essential as determinants of sports performance. Objective. The objective of the study was to determine the somatotype and the frequency of genotype and allele of 506β-actin 3 (ACTN3) R577X and angiotensin converting enzyme (ACE) I/D polymorphism of Chilean table tennis players. Method. 24 male table tennis players (age 22.1 x 5.4) of Chile's national rankings were studied. Obtaining ACTN3 and ACE was collected by sample of saliva and analyzed by polymerase chain reaction in real time. The body structure was characterized through the somatotype method proposed by Carter. From descriptive statistics, the mean values of somatotype, frequency of classification and location of somatotype letter were analyzed, in addition, of genotype frequency values and allele of ACTN3 R/X and ECA I/D polymorphism according to number of occurrence and percentage. Results. It demonstrated a predominance of mesoendomorphy and endomorphy classification, a higher phenotypic frequency XX with predominance of allele X for the ACTN3 gene and higher frequency of DI allele with predominance D for ACE. Conclusion. The somatotype of Chilean table tennis players has an orientation towards mesoendomorphy and a predominance of the genotype XX and allele X of the ACTN3 gene and, predominance of the DI genotype and allele D of the ACE gene, these characteristics could offer a genetic advantage in terms of strength levels and muscle potency, possibly facilitating practice and competitive success in these Chilean table tennis players.

Keywords: Somatotype, Polymorphism, ACTN3, ACE.

Introducción

El tenis de mesa es un deporte olímpico caracterizado por la ejecución coordinada de diferentes acciones técnicas a una alta velocidad, considerando desplazamiento y cambios de dirección en distancias cortas en forma constante (de la Fuente, Páez, Pardo, & Pagán, 2007; Pradas, González, González, & Salvà, 2015). Por ello, este deporte requiere de un nivel físico que demanda un esfuerzo muscular seve-

ro como consecuencia de la explosividad que se requiere para desplazarse velozmente, golpear la pelota y recuperar la posición de base para preparar la siguiente acción técnica (Pradas, González, Molina, & Castellar, 2013), exigiendo la reacción del jugador en un mínimo de tiempo al analizar información visual y responder con la mayor precisión posible (de Mello, Barbieri, de Souza, & Zagatto, 2017). Teniendo en cuenta estos factores, los requerimientos físicos necesarios en este deporte se orientan fundamentalmente al desarrollo de la fuerza activa, en su manifestación rápida, y la fuerza reactiva en su manifestación elástico-explosiva (Tang & Zhao, 2013). La velocidad de desplazamiento, la velocidad gestual y

el tiempo de reacción representan las manifestaciones elementales e integrales de la velocidad necesaria en este deporte, ya que se dan situaciones complejas que requieren un elevado nivel de coordinación, con reacciones de elección ante un objeto en movimiento que se desplaza a alta velocidad (Kondriè, Zagatto, & Sekuliæ, 2013).

En lo referente a las características morfológicas, diversos investigadores han estudiado las características de Somatotipo de diferentes disciplinas deportivas a partir de la valoración de endomorfía, mesomorfía y ectomorfía (Caballero-Ruiz, et al., 2019; Munivrana, Paušič, & Kondriè, 2011; Pardo, Páez, Ramón, de la Fuente, & García, 2009; Yáñez, Barraza, Rosales, Báez, & Tuesta, 2015; Zapata, Viviescas, Mindiola, & Ardila, 2017). En el caso del tenis mesa, investigadores han reportado para hombres un predominio de Somatotipo mesomorfo balanceado y endo-mesomorfo (de la Fuente et al., 2007), además de endo-mesomorfía en el caso de damas (Pradas et al., 2013).

Desde la genética, dos genes han sido ampliamente estudiados y asociados al rendimiento deportivo, la enzima convertidora de angiotensina inserción/delección (ECA I/D) polimorfismo y el gen de la 506β-actinina-3 (ACTN3) polimorfismo R577X (Andrade-Mayorga et al., 2019; Ben Zaken, Meckel, Nemet, & Eliakim, 2015; Jin et al., 2016; João et al., 2015; Pavlovic et al., 2018).

La ECA, localizada en el cromosoma 17, implicada en el sistema renina angiotensina aldosterona (SRAA) actúa en la regulación del volumen sanguíneo, presión arterial y balance de electrolítico (Ciêszczyk et al., 2011). Tanto la inserción (I) y delección (D) como polimorfismo, se han asociado con mejoras en el rendimiento deportivo otorgando al alelo I de la ECA una relación con el rendimiento en pruebas de resistencia y al alelo D un mejor desempeño en pruebas de fuerza y velocidad (McCauley, Mastana, & Folland, 2010).

El gen ACTN3 por su parte, codifica la proteína ACTN3, que pertenece al citoesqueleto muscular y predomina en la banda Z sarcomérica (Astorino et al., 2018). ACTN3 está expresado principalmente en las fibras de contracción rápida glicolíticas (IIb, IIx) pero no en fibras IIa ni I, siendo las primeras especialmente importante en los deportes que implican la generación de gran velocidad y potencia muscular (Yang et al., 2003). En este sentido, una variación genética de ACTN3 como resultado de la sustitución

de una arginina (R) con un codón de termino prematuro (X) en el aminoácido 577, puede crear dos versiones diferentes del gen ACTN3 (Garton et al., 2018).

Diversos estudios han demostrado respecto al polimorfismo de ECA, un predominio del alelo D en deportistas que practican deportes de fuerza y velocidad (Ben Zaken et al., 2015; Garton et al., 2018; Santoro et al., 2019). Por otro lado, respecto al polimorfismo del ACTN3, algunas investigaciones han reportado el predominio del genotipo RR o RX en deportistas de elite y su relevancia en el rendimiento de fuerza y velocidad (Andrade-Mayorga et al., 2019; Arroyo, 2020; Astorino et al., 2018; João et al., 2015). Respectos a aspecto genéticos, a la fecha, se desconocen investigaciones que hayan estudiado estas variables en tenistas chilenos, que debido a las características de juego podrían ser relevantes. Por lo anterior, la presente investigación tiene como objetivo analizar el somatotipo y prevalencia de polimorfismo del gen ACTN3 y ECA en jugadores de Tenis de mesa chilenos, con el fin de colaborar con antecedentes que permitan construir un perfil en esta especialidad deportiva.

Material y método

Mediante un diseño no experimental, correlacional y a partir de una muestra no probabilística por conveniencia, fueron reclutados 24 jugadores de tenis de mesa ($22,5 \pm 5,4$ años), chilenos, de sexo masculino ubicados entre los 32 primeros puestos del ranking nacional de la Federación Chilena de Tenis de Mesa. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado aprobado por comité de se procedió de acuerdo con la declaración de Helsinki (Mundial, 2019).

Somatotipo

Para el somatotipo, la evaluación antropométrica se realizó en las primeras horas de la mañana, con la menor ropa posible y después del vaciado urinario, en los mismos lugares de entrenamiento de cada equipo. Se realizó la medición de 10 variables antropométricas según las normas de la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (Esparza-Ros, Vaquero-Cristóbal, & Marfell-Jones, 2019). Se registro la talla, masa corporal, 4 pliegues cutáneos (tríceps, subescapular, supraespinal y pierna), 2 diámetros óseos (biepicondilar húmero y fé-

mur) y 2 perímetros musculares (brazo flexionado en tensión y pantorrilla). El peso corporal fue evaluado con balanza Seca® modelo 700 y variables antropométricas antropómetro Campbell 10®, cinta métrica Sany® y Caliper Harpenden®. Todas las mediciones fueron realizadas por un evaluador acreditado nivel III ISAK (Silva & Vieira, 2020).

ACNT3/ECA

Se siguieron las recomendaciones de Strengthening the Reporting of Genetic Association studies' (STREGA) group report (Little et al., 2009). Las células bucales para analizar material genético fueron recolectadas a través de mucosa oral salival con hisopos estériles. Para la extracción del ADNg las muestras de mucosa oral salival se incubaron en microtubos de 1,5 ml que contenían 300 ml de tampón EAR y 5 µl de proteinasa K (Invitrogen®, n° de cat. 25530-015) a 55 ° C durante 4 horas. Posteriormente, se realizó un centrifugado, seguido de la extracción del hisopo y se añadieron 100 µl de solución de precipitación de proteínas (Quiagen, Cat. No. 158912). Los contenidos se centrifugaron, el sobrenadante se pasó a otro tubo, donde se añadieron 400 µL de isopropanol y la solución se centrifugó y se desechó inmediatamente, teniendo cuidado de que el sedimento permaneciera en el tubo. El último paso se repitió usando 500 µl de etanol al 70%. Después de que las muestras se enfriaron a temperatura ambiente, se añadieron 50 µl de tampón TE para hidratar el ADN. Para ver la integridad de ADN se utilizó gel de agarosa al 0,8% y la tinción de ADN se realizó con GelRed®.

Genotipado del polimorfismo ACE I/-D: para amplificar el ADNg se utilizaron los partidores (forward) 5'-CTGGAGACCACTCCCATCCTTTCT-3' - (reverse) 5'-GATGTGGCCATCACATTCGTAGA-3'. Para la reacción con 12 µL, 6 µL de Gotaq (Promega®, cat. No.M7122), 0,06 µl de cada partidador (hECAr y hECAf), 1 µl de ADN, 5 µl de agua. La reacción en cadena de la polimerasa (PCR) se realizó a 95°C durante 5 minutos, 40 ciclos de tres pasos, el primero a 95°C durante 10 segundos, el segundo a 58°C por 10 segundos, los últimos a 72°C por 20 segundos y finalmente, 72°C por 5 minutos. El uso de los partidores para la reacción de PCR fue posible detectar la eliminación (D = 190 pb) y la inserción (I = 490 pb) (Almeida et al., 2010).

Debido a la dificultad de visualizar la banda de

inserción, fue necesario ejecutar otro protocolo utilizando los partidores internos hECAr y hECAf en todos los sujetos genotipados con DD, por confirmación del genotipo o identificación de la banda I (490 pb). Se usaron 2 µl de ADN y la reacción de la PCR utilizada fue: 95°C durante 5 minutos, 35 ciclos de 95°C durante 10 segundos, 56°C por 10 segundos y 72°C por 1 minuto y 20 segundos y el último paso 72°C por 5 minutos.

Para el genotipado del polimorfismo ACTN3 R577X se utilizaron los siguientes partidores: hACTN3f, hACTN3r, hACTN3Tif y hACTN3Cir, los dos primeros son externos y los dos últimos internos. Las concentraciones a utilizar fueron 0.5 µl para cada uno de los partidores externos; 0.125 µl para hACTN3Tif y 0.25 µl para hACTN3Cir. En la práctica, partidores a una concentración de 5 µM se mezclaron en 4 volúmenes de cada partidador externo (hACTN3f y hACTN3r), un volumen del partidador interno de detección (hACTN3Tif) y 2 volúmenes del partidador anti-sentido interno (hACTN3Cir). Se añadieron 5 µl de volumen de la mezcla de imprimación a 10 µl de 2x GoTaq® (Promega®, cat. No. M7122) y 2 µL de la muestra de ADN, lo que resulta en un volumen de reacción de 20 µL (Schadock et al., 2015). Las muestras se sometieron a la siguiente reacción PCR: 95°C por 2 minutos, 35 ciclos a 95°C por 10 segundos, 68°C por 10 segundos, 72°C por 45 segundos y finalmente, 72°C por 2 minutos. A través de este análisis, fue posible detectar los alelos, R con un fragmento de 413 pb y X con 318 pb.

La reacción en cadena de polimerasa de los polimorfismos genéticos ACE I/D y ACTN3 R577X se realizaron utilizando un termociclador modelo TX25; Termociclador AmpliTherm.

Los productos de PCR fueron analizados mediante electroforesis de ADN (a 250V por 40 minutos) en geles de agarosa al 2%, teñidos con GelRed® el cual posee una alta sensibilidad para acidonucleicos monocatenarios y bicatenarios, fácilmente distinguible por el transiluminador de luz ultravioleta.

Estadística

Para el análisis de los datos, se utilizó estadística descriptiva considerando las medidas de frecuencia de aparición de genotipo y alelos a partir del grupo total y su clasificación somatotípica. Para los análisis de distribución genotípica, frecuencia alélica, y equilibrio de HardyWeinberg se utilizó la prueba Chi-

cuadrado ($\div 2$), considerando un nivel de significancia $p < 0,05$. Todos los datos fueron procesados mediante el programa SPSS versión 21.0.

Resultados

Los resultados antropométricos de los 24 deportistas estudiados muestran un predominio promedio del componente mesomórfico, seguido de endomorfia, siendo la ectomorfia la que registra un valor más bajo (Tabla 1). Respecto a la clasificación somatotípica, los resultados muestran a un 46% de los participantes en una clasificación mesoendomorfa, seguida de un 37% en condición endomesomorfa (figura 1), además, en la Somatocarta, es posible apreciar una orientación de los deportistas hacia la mesomorfia y endomorfia (Fig. 2).

En relación con la frecuencia fenotípica, se re-

Tabla 1. Valores antropométricos descriptivos de 24 tenistas chilenos ubicados entre los 34 primeros lugares del ranking nacional.

Variables	Medias y Desvío estándar
Peso (kg)	76,9 \pm 13,7
Talla (cm)	174,6 \pm 6,5
Edad (años)	22,1 \pm 5,4
Endomorfia	4,2 \pm 1,7
Mesomorfia	4,3 \pm 0,9
Ectomorfia	1,7 \pm 1,1

Figura 1. Clasificación Somatotípica de Tenistas Chilenos (n 24) ubicados dentro de los 34 primeros lugares del ranking nacional.

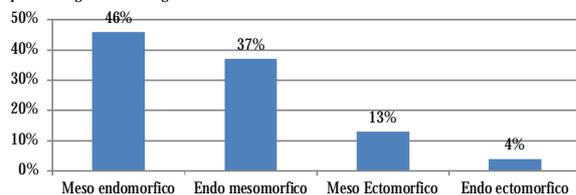


Figura 2. Somatocarta de distribución somatotípica de tenistas chilenos (n 24) ubicados en los 34 primeros lugares del ranking nacional.

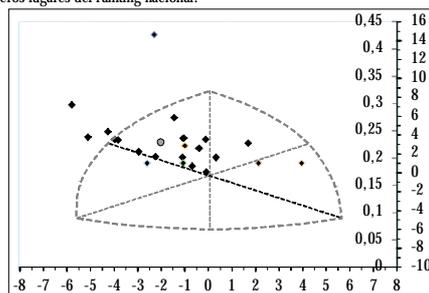


Tabla 2. Frecuencias de genotipo y alelo de ACTN3 R/X y ECA I/D polimorfismo de acuerdo con número de aparición (n) y porcentaje (%).

ACTN3			ECA						
Frecuencia Genotipo (n y %)	Frecuencia de Alelo (n y %)		Frecuencia Genotipo (n y %)			Frecuencia de Alelo (n y %)			
RR	RX	XX	R	X	DD	DI	II	D	I
6	5	13	17	31	8	12	4	28	20
25%	21%	54%	35%	65%	33%	50%	17%	58%	42%

Tabla 3. Frecuencia de genotipo por clasificación somatotípica

Somatotipo	ECA			ACTN3		
	DD	II	DI	RR	XX	RX
Endoectomorfo	12,5%	-	-	-	7,7%	-
Endomesomorfo	62,5%	25%	25%	16,7%	46,2%	40%
Mesoectomorfo	-	-	25%	-	23,1%	-
Mesoendomorfo	25%	75%	50%	83,3%	23,1%	60%

No se reportan asociaciones significativas entre frecuencia genotípica y clasificación somatotípica.

porta para el gen ACTN3 una mayor frecuencia genotípica XX con predominio de alelo X y para ECA mayor frecuencia genotípica DI con predominio del alelo D (Tabla 2).

Al relacionar esta frecuencia genotípica con la clasificación somatotípica, la frecuencia DD de ECA predomina en los sujetos endomesomórficos (Tabla 3). Respecto al ACTN3, la frecuencia RR y el RX presentan predominan en sujetos mesoendomorfos y la frecuencia XX en sujetos endomesomorfos, pese a esto, no se reporta asociación significativa entre frecuencias de ambas variables, de acuerdo con la prueba de Chi-cuadrado ($p = 0.201$ para ECA y $p = 0.247$ para ACTN3).

Discusión

Los resultados del presente estudio, podrían ser los primeros que describen características genéticas de jugadores de tenis de mesa, sin embargo, estos resultados no muestran asociaciones con el somatotipo como lo han reportado anteriormente otras disciplinas (Potocka et al., 2019).

Algunos autores han descrito características específicas de rendimiento en jugadores de tenis de mesa, algunas asociadas a morfología, fuerza y velocidad (Allen, 1991; de la Fuente et al., 2007; Kondrić et al., 2013; Pradas et al., 2015; Pradas et al., 2012).

En cuanto a las características somatotípicas reportadas en la literatura, algunos estudios registran somatotipos con predominios de mesomorfia, con valores sobre 4,5 de para jugadores de alto nivel (Munivrana et al., 2011; de la Fuente et al., 2007). Mientras otros estudios en tenistas de nivel más bajos en ranking reportan somatotipos predominantemente endomórficos (Zapata et al., 2017) lo que pudieran indicar un factor a considerar en los tenistas chilenos, puesto que un 46% registra una clasificación mesoendomorfa. En dos estudios previos en tenistas chilenos, se han reportado valores de endomorfia, mesomorfia y ectomorfia de 4.6 – 4.4 – 1.9, respectivamente. (Rodríguez P, Castillo V, Tejo C, & Rozowski N, 2014) y 4.1 – 4.9 – 1.8 (Yáñez, Barraza, Rosales, Báez, & Tuesta, 2015).

Debido a que el gen ACTN3 está directamente relacionado con la fuerza y potencia (Garton et al., 2018) y ha sido abordado como un marcador en el rendimiento deportivo (Astorino et al., 2018). En este sentido, varios son los autores que han descrito

la asociación entre el genotipo ACTN3 y el rendimiento en el deporte (Ma et al., 2013; Tharabenjasin, Pabalan, & Jarjanazi, 2019), evidenciando un predominio del genotipo RX y RR en deportistas de elite, cuyas disciplinas se asociaron a fuerza explosiva y velocidad, mismas características descritas como necesarias para tenismesistas de alto nivel (Kondriè et al., 2013; Pardo et al., 2009). En el caso de los tenismesistas chilenos, estos reportan un predominio del genotipo XX y alelo X, lo que podría indicar una disposición genética para esta disciplina, sin embargo, no fue posible dar con estudios que evaluaran genotipo en deportistas de esta especialidad. En cuanto a genotipo ECA, la combinación DI y el predominio del alelo D ha sido señalado el de mayor predominio en deportes de potencia y velocidad (Feng, Ji, Dong, & Liu, 2019; Jin et al., 2016; Ma et al., 2013; McCauley et al., 2010; Santoro et al., 2019) lo que podría ser relevante, en cuanto la potencia y la velocidad, se han descrito como esenciales para el rendimiento en jugadores de tenis de mesa, por lo que, los resultados del presente estudio, podrían indicar una ventaja genética para tenismesistas chilenos.

Pese a que la relación entre somatotipo y genotipo en deportistas de elite ha sido bien descrita en la literatura por diferentes autores (Domanska-Senderowska et al., 2019; Potocka et al., 2019), esta no fue posible comprobarla en este estudio. Esto pudiera deberse a que la variación de somatotipo depende en gran medida de la carga y tipo de entrenamiento, factor fundamental a la hora de separar el deporte de competición del deporte de alto rendimiento.

Conclusión

El somatotipo y el genotipo constituyen un factor determinante a considerar en el alto rendimiento deportivo y, por ende, en deportistas de elite, razón por la cual, es motivo de estudio en el tenis de mesa. De acuerdo con el presente estudio, tenismesistas chilenos tendrían un predominio de somatotipo meso endomorfo, con valores de mesomorfía inferiores a los reportados en deportistas de elite. En cuanto al genotipo, poseen un predominio XX y alelo X para ACTN3, además de predominio de genotipo DI y alelo D para ECA, lo que pudiera favorecer a su rendimiento deportivo, pese a no registrar una asociación significativa entre los su somatotipo y su genotipo.

Se hace necesario el poder analizar estos hallazgos en contraparte con estudios de la espacialidad deportiva en cuanto a su componente genético y su asociación con el somatotipo, pues no fue posible dar con estudios genéticos en la disciplina.

Referencias

- Almeida, S., Barros, C., Moraes, M. R. d., Russo, F., Haro, A., Rosa, T., . . . Araújo, R. (2010). Plasma kallikrein and angiotensin I-converting enzyme N-and C-terminal domain activities are modulated by the insertion/deletion polymorphism. *Neuropeptides*, 44(2), 139-143. <https://doi.org/10.1016/j.npep.2009.12.003>
- Andrade-Mayorga, O., Lavados-Romo, P., Valdebenito, C., Herrera, C. L., Carrasco, C., & Salazar, L. A. (2019). Polimorfismo Genético ACTN3 R577X en Deportistas Universitarios Chilenos. *International Journal of Morphology*, 37(4), 1493-1497. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022019000401493>
- Arroyo, W. (2020). Genética y fútbol: asociación de los polimorfismos genéticos ACTN3 y ACE-I/D en jugadores de fútbol: Revisión literaria (Genetic and soccer: association of ACTN3 and ACE-I/D genetic polymorphisms in soccer players: Literary review). *Retos*, (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 <https://www.wma.net/es/polices-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/>
- Astorino, T., Baker, J., Brock, S., Dalleck, L., Goulet, E., Gotshall, R., . . . Laskin, J. (2018). The Influence of Gene Polymorphisms and Genetic Markers in the Modulation of Sports Performance: A Review. *Journal of Exercise Physiologyonline*, 21(2). Recuperado de https://www.asep.org/asep/asep/JEPonlineAPRIL2018_FA_Castilha.pdf
- Ben Zaken, S., Meckel, Y., Nemet, D., & Eliakim, A. (2015). Genetic score of power speed and endurance track and field athletes. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 25(2), 166-174. <https://doi.org/10.1111/sms.12141>
- Caballero-Ruíz, A., Carrasco-Legleu, C. E., De León,

- L. G., Candia-Luján, R., & Ortiz-Rodríguez, B. (2019). Somatotipo de mujeres futbolistas universitarias por posición en el terreno de juego (Somatotype of university female soccer players by playing position on the field). *Retos*, 36(36), 228-230. <https://doi.org/10.47197/retos.v36i36.63840>
- Ciêszczyk, P., Eider, J., Ostanek, M., Arczewska, A., Leońska-Duniec, A., Sawczyn, S., ... Krupecki, K. (2011). Association of the ACTN3 R577X Polymorphism in Polish Power-Orientated Athletes. *Journal of human kinetics*, 28(1), 55-61. <https://doi.org/10.2478/v10078-011-0022-0>
- de la Fuente, F., Páez, L., Pardo, E., & Pagán, R. (2007). Perfil antropométrico, somatotipo y composición corporal de jóvenes jugadores de tenis de mesa. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 3(7), 11-23. <https://doi.org/10.5232/ricyde2007.0072>
- de Mello, J., Barbieri, F., Miyagi, W., de Souza Malta, E., & Zagatto, A. (2017). Influence of game evolution and the phase of competition on temporal game structure in high-level table tennis tournaments. *Journal of human kinetics*, 55(1), 55-63. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0048.55>
- Domanska-Senderowska, D., Szmigielska, P., Snochowska, A., Jastrzebski, Z., Jegier, A., Kiszalkiewicz, J., . . . Brzezianska-Lasota, E. (2019). Relationships between the Expression of the ACTN3 Gene and Explosive Power of Soccer Players. *J Hum Kinet*, 69, 79-87. <https://doi:10.2478/hukin-2019-0020>
- Esparza-Ros, F., Vaquero-Cristóbal, R., & Marfell-Jones, M. (2019). Protocolo internacional para la valoración antropométrica. Perfil Completo. Murcia: International Society for the Advancement of Kinanthropometry-ISAK.
- Feng, Y., Ji, H., Dong, X., & Liu, A. (2019). An alcohol-soluble polysaccharide from *Atractylodes macrocephala* Koidz induces apoptosis of Eca-109 cells. *Carbohydr Polym*, 226, 115136. <https://doi:10.1016/j.carbpol.2019.115136>
- Garton, F., Houweling, P., Vukcevic, D., Meehan, L., Lee, F., Lek, M., . . . Zannino, D. (2018). The Effect of ACTN3 Gene Doping on Skeletal Muscle Performance. *The American Journal of Human Genetics*, 102(5), 845-857. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5986729/pdf/main.pdf>
- Jin, H., Hwang, I., Kim, K., Cho, H., Park, T., Shin, Y., . . . Lee, K. (2016). Is there a relationship between PPARDT294C/PPARGC1A Gly482Ser variations and physical endurance performance in the Korean population? *Genes & Genomics*, 38(4), 389-395. <https://doi.org/10.1007/s13258-015-0380-4>
- João, A., Caniunqueo, A., Hernández-Mosqueira, C., Fernandes, S., Izquierdo, M., Silva Mella, H., . . . Fernandes-Filho, J. (2015). Polimorfismo del Gen ACTN3 y ECA en Seleccionados de Gimnasia de Brasil y Japón. *International Journal of Morphology*, 33, 262-266. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022015000100041>
- Kondriè, M., Zagatto, A., & Sekulic, D. (2013). The physiological demands of table tennis: a review. *Journal of sports science & medicine*, 12(3), 362-370. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3772576/>
- Little, J., Higgins, J., Ioannidis, J., Moher, D., Gagnon, F., von Elm, E., . . . Birkett, N. (2009). Strengthening the reporting of genetic association studies (STREGA): an extension of the STROBE Statement. *Hum Genet*, 125(2), 131-151. <http://doi:10.1007/s00439-008-0592-7>.
- Lozano, R., Bustos, B., Acevedo A., & Bautista, V. (2017). Composición corporal y somatotipo de los tenistas de mesa de Norte de Santander que participaron en los XX Juegos Nacionales, Colombia. *Revista Digital de Educación Física*, (46), 50-60. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5963360>
- Ma, F., Yang, Y., Li, X., Zhou, F., Gao, C., Li, M., & 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:10.1371/journal.pone.0054685>
- McCauley T, Mastana S, Folland J. (2010). ACE I/D and ACTN3 R/X polymorphisms and muscle function and muscularity of older Caucasian men. *Eur J Appl Physiol*. 109(2):269-77. <https://doi:10.1007/s00421-009-1340-y>
- Munivrana, G., Paušic, J. & Kondriè, M. (2011). The influence of somatotype on young
- Pavlovic, S., Ugrin, M., Micic, S., Gasic, V., Dimitrijevic, J., & Barteczko, U. (2018). Using genetics for enhancement (liberal eugenics). *In Clinical Ethics at the Crossroads of Genetic and Reproductive Technologies, Elsevier*. 335-366 <https://>

- /doi.org/10.1016/B978-0-12-813764-2.00015-5
 Potocka, N., Penar-Zadarko, B., Skrzypa, M., Braun, M., Zadarko-Domaradzka, M., Ozimek, M., . . . Zadarko, E. (2019). Association of ACTN3 Polymorphism with Body Somatotype and Cardiorespiratory Fitness in Young Healthy Adults. *Int J Environ Res Public Health*, 16(9). <http://doi:10.3390/ijerph16091489>
- Pradas de la Fuente, F., González Campos, G., González Jurado, J. A., & Salvà Martínez, P. (2015). Análisis de los indicadores de rendimiento que definen el tenis de mesa moderno. *Journal of Sport and Health Research*, 7 (2):149-162. Recuperado de <https://idus.us.es/handle/11441/47601>
- Pradas de la Fuente, F., González Jurado, J., Molina, E., & Castellar, C. (2013). Características antropométricas, composición corporal y somatotipo de jugadores de tenis de mesa de alto nivel. *International Journal of Morphology*, 31 (4), 1355-1364. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022013000400033>
- Pradas, F., Rapún, M., Martínez, P., Castellar, C., Bataller, V., & Carrasco, L. (2012). An analysis of jumping force manifestation profile in table tennis. 7. Recuperado de <https://www.itffeducation.com/wp-content/uploads/resources/05-06%20Pradas.pdf>
 Recuperado de: http://www.kinsi.si/upload/clanki/10847_213.pdf
- Rodríguez, X., Castillo, O., Tejo, J., & Rozowski, J. (2014). Somatotipo de los deportistas de alto rendimiento de Santiago, Chile. *Revista chilena de nutrición*, 41(1), 29-39. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182014000100004>
- Santoro, G. F., Mello, K. D. d., Oliveira Netto, Z. C. d., Pfitzenreuter, G., Bassan, J. C., & Salgueirosa, F. d. M. (2019). The influence of ace i/d gene polymorphism in amateur american football athletes in brazil. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 25(6), 460-463. <https://doi.org/10.1590/1517-869220192506198909>
- Schadock, I., Schneider, A., Silva, E., Buchweitz, M., Correa, M., Pesquero, J., . . . Barros, C. C. (2015). Simple method to genotype the ACTN3 r577x polymorphism. *Genetic testing and molecular biomarkers*, 19 (5), 253-257. <https://doi.org/10.1089/gtmb.2014.0299>
- Silva, V., & Vieira, M. (2020). Sociedade Internacional para o Avanço da Cineantropometria (ISAK) Global: esquema internacional de acreditação do antropometrista competente. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 22. <https://doi.org/10.1590/1980-0037.2020v22e70517>
- table tennis players' competitive success. *Kinesiology Slovenica*, 17 (1), 42-51.
- Tang, J., & Zhao, X. (2013). The constitution and research on the winning model of the competition tactics of the attack play of table tennis. *Journal of Beijing Sport University*, 36 (3), 123-127. Recuperado de http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTotal-BJTD201303023.htm
- Tharabenjasin, P., Pabalan, N., & Jarjanazi, H. (2019). Association of the ACTN3 R577X (rs1815739) polymorphism with elite power sports: A meta-analysis. *PLoS One*, 14 (5), e0217390. <http://doi:10.1371/journal.pone.0217390>
- Yang, N., MacArthur, D., Gulbin, J., Hahn, A., Beggs, A., Easteal, S., & North, K. (2003). ACTN3 genotype is associated with human elite athletic performance. *Am J Hum Genet*, 73(3), 627-631. <http://doi:10.1086/377590>
- Yáñez, R., Barraza, F., Rosales, G., Báez, E., & Tuesta, M. (2015). Anthropometric chilean table tennis players of competitive features. *Nutrición hospitalaria*, 32(4), 1689-1694. <http://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.32.4.9547>

