

Costa de Sousa, E.; Vasconcelos de Oliveira Borges, M.; Pereira do Rego, J.T.; Alonso, L.; Sierra Sánchez, D. y Moreira Silva Dantas, P. (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 el Deporte vol. 16 (62) pp.475-486  
[Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista63/artheredabilidad731.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista63/artheredabilidad731.htm)  
DOI: <http://dx.doi.org/10.15366/rimcafd2016.63.005>

## ORIGINAL

### HEREDABILIDAD DE LAS CAPACIDADES MOTORAS: ESTUDIO CON GEMELOS MONOCIGÓTICOS Y DICIGÓTICOS

### HERITABILITY OF MOTOR SKILLS: STUDY WITH MONOZYGOTIC AND DIZYGOTIC TWINS

**Costa de Sousa, E.<sup>1</sup>; Vasconcelos de Oliveira Borges, M.<sup>2</sup>; Pereira do Rego, J.T.<sup>3</sup>; Alonso, L.<sup>4</sup>; Sierra Sánchez, D.<sup>5</sup> y Moreira Silva Dantas, P.<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Mestre em Ciências da Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil, e-mail: [elyscosta@hotmail.com](mailto:elyscosta@hotmail.com)

<sup>2</sup> Mestre em Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil, e-mail: [vasmichelle@gmail.com](mailto:vasmichelle@gmail.com)

<sup>3</sup> Mestre em Educação Física, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil, e-mail: [jtafarel@hotmail.com](mailto:jtafarel@hotmail.com)

<sup>4</sup> Professor Doutor da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, e-mail: [alonso.lvs@gmail.com](mailto:alonso.lvs@gmail.com)

<sup>5</sup> Graduado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte - Universidad Católica de Murcia, España, e-mail: [daniel.sierra.san@gmail.com](mailto:daniel.sierra.san@gmail.com)

<sup>6</sup> Professor Doutor da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil, e-mail: [pqgdantas@terra.com.br](mailto:pqgdantas@terra.com.br)

#### AGRADECIMIENTOS O FINANCIACIÓN

Agradecemos la financiación del CNPq y CAPES y apoyo UFRN

**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** 10 de septiembre de 2013 **Received** September 10, 2013

**Aceptado** 31 de julio de 2015 **Accepted** July 31, 2015

## RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el poder relativo de contribución genética y ambiental de la variación de capacidades motoras en gemelos monocigóticos y dicigóticos. *Método:* participaron 88 sujetos divididos en 56 monocigóticos y 32 dicigóticos de ambos sexos. Para la evaluación de la flexibilidad fue realizado el test de flexión de cadera; para la potencia de miembros inferiores fue aplicado el test contra movimiento y para la velocidad de desplazamiento, el test de carrera de 30m. Para determinar el índice de heredabilidad, utilizamos la ecuación:  $(h^2) = (S^2DZ - S^2MZ) / S^2DZ \times 100$ . Fue utilizado tratamiento descriptivo y el test Shapiro-Wilk. Con la varianza de datos fueron calculados valores de tendencia central. Los datos fueron categorizados en percentiles de 25%. *Resultados:* flexibilidad 16%, velocidad de desplazamiento 83% y potencia de los miembros inferiores 70%. *Conclusión:* Fue evidenciado mayor heredabilidad para las variables de potencia y velocidad, y mayor influencia ambiental para la flexibilidad.

**PALABRAS CLAVE:** fenotipo, genotipo, fuerza muscular, carrera, herencia.

## ABSTRACT

The aim of the study was to assess the relative power of genetic and environmental contributions to the variation of motor skills in monozygotic and dizygotic twins. Method: For this study, participated 88 people divided in 56 monozygotic and 32 dizygotic twins of both sexes. For the assessment the flexibility, was performed hip flexion test, for assessment the lower limb power, was applied the test against movement and the speed of movement, the 30m running test. To determine the index of heritability, was used an equation:  $(h^2) = (S^2MZ - S^2DZ) / S^2DZ \times 100$ . For the statistic, was used the descriptive treatment and Shapiro-Wilk test. The variance values were calculated, through the tendency central values. Data were categorized into percentiles of 25%. Results: Flexibility was 16% by heritability influence, speed of movement 83% of influence and for the lower limbs power were 70%. Conclusion: In this study was demonstrated higher heritability for the variables of lower limbs power and the speed of movement, and for the flexibility, a greater influence was linked for environmental factors.

**KEYWORDS:** phenotype, genotype, muscle strength, running, heredity.

## INTRODUCCIÓN

El estudio de gemelos es empleado en diferentes áreas de investigación de genética humana, posee la finalidad de conocer la influencia relativa de genotipo y de ambiente sobre la varianza fenotípica, con base en la variación (mayor o menor) observada en pares de gemelos monocigóticos (MZ) y dicigóticos (DZ).

La utilización de método basado en gemelos exige la observación de varias premisas, sabiendo que, los gemelos son una muestra de población general, y los componentes de cada par de gemelos, están sujetos a las mismas influencias de ambiente (Beiguelman, 1994). El ambiente actúa de la misma forma en elementos de la población siendo gemelos o no, provocando diferencias fenotípicas intrapar tanto para los MZ como para los DZ (Beiguelman, 1994; Thomis et al., 1997). De esta forma, una fuente importante a través del método de gemelos, es garantía de un mismo ambiente compartido entre ellos. Entre tanto, el análisis genético en estudios que usaron un modelo más riguroso y sofisticado mostró resultados idénticos a los estudios que utilizaron el método clásico de investigación con gemelos (Beiguelman, 1994; Maes et al., 1996).

La comprensión de influencia genotípica y fenotípica en las capacidades motoras puede constituir un criterio esencial para mejorar la orientación de práctica de una actividad física adecuada a las características individuales y colectivas. La literatura observa que capacidades motoras son componentes de rendimiento y, de esta forma, contenidos esenciales de programas de entrenamiento. Tales capacidades son consideradas la base de una hipotética pirámide compuesta por todos los componentes del rendimiento, como flexibilidad, fuerza y velocidad (Benítez Sillero, Silva-Grigoletto, Muñoz Herrera, Morente Montero, & Guillén del Castillo, 2015; Marques & Oliveira, 2001).

Lo que ahora se propone, es indicar la necesidad de investigar las capacidades motoras sobre la perspectiva de la influencia hereditaria. Por tanto, el objetivo del presente estudio se centra en evaluar el poder relativo de la contribución genética y ambiental en la variación de las capacidades motoras en gemelos monocigóticos (MZ) y dicigóticos (DZ).

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

Los participantes del presente estudio fueron pares de gemelos monocigóticos y dicigóticos, residentes de la región metropolitana de Natal (Municipio de Natal, Panamirim y San Gonzalo de Amarante) – Rio grande do Norte – Brasil. La muestra fue compuesta por 88 sujetos, siendo 56 monocigóticos y 32 dicigóticos, comprendidos en la franja de edad de 08 a 36 años de ambos sexos.

Con la finalidad de comprender la acción del tiempo sobre los resultados de heredabilidad, nuestro estudio optó por una franja de edad grande. Entendemos que esa amplitud de edad puede interferir en los resultados de  $h^2$ ; con todo, al entender que los valores extremos son anulados por sus correlaciones en la extremidad opuesta, fue tomada la decisión por una usar una franja de edad amplia. Y para mayor seguridad en nuestros descubrimientos utilizamos el intervalo de confianza (IC) entre 25% y 75% en la tentativa de eliminar esta tendencia a la mayor amplitud.

La selección de pares de gemelos fue de forma no probabilística intencional. El término de consentimiento libre y esclarecido (TCLE) fue firmado por los participantes mayores de 18 años y para los menores, los padres o tutores legales.

Aplicamos una anamnesis para analizar el estado de salud y hábitos de vida referentes a la actividad física, y un cuestionario de actividades físicas PAR-Q para analizar si están listos para la realización de actividades físicas, siendo respondida para los menores de 18 años con auxilio de los padres o tutores legales.

La determinación de cigosidad recibió atención especial, obedeciendo a algunas etapas y procedimientos, siendo hecha con el siguiente procedimiento: cuestionario de cigosidad aplicado con las madres por teléfono, validado por Peeters(Alonso, Souza, Oliveira, Nascimento, & Dantas, 2014; H. Peeters, Van Gestel, Vlietinck, Derom, & Derom, 1998), que recomienda que solamente puede ser respondido por las madres de cada par de gemelos.

Seguido a lo anterior, procedemos por observar la semejanza de las características físicas entre pares de gemelos (color de piel, color de ojos y del cabello, tipo de cabello, formato de nariz, boca y dientes, estatura y masa corporal)(C. E. Bouchard, Shephard, & Stephens, 1994), observándose criterios de diferencia para confirmar si el par es MZ o no. Si hubiese una diferencia importante en las características físicas (color de piel, color de ojos y del cabello, tipo de cabello, formato de nariz, boca y dientes) el par MZ, constatado en el cuestionario antes, es retirado de la muestra. Si hubiese una diferencia de más de 5cm en la estatura o 5kg en la masa corporal, el par MZ antes constatado en el cuestionario, era retirado de la muestra.

Además de esto fue realizado, para los pares hasta 19 años de edad, la autoevaluación del estadio puberal, pues se entiende que a partir de esa edad, el individuo se encuentra ya madurado (Lopez & Campos Júnior, 2010). Este fue verificado por medio del protocolo de autoevaluación con la tabla de Tanner(Tanner, 1981), en local aislado, es decir, en sala donde estaban solo un evaluador y un participante, con presencia de un responsable.

Fueron excluido del estudio los individuos portadores de deficiencia física que impida las evaluaciones de potencia muscular, flexibilidad o velocidad; mujeres embarazadas, individuos en tratamiento médico relacionado a obesidad y portadores de obesidad endógena o secundaria (síndrome de Down, Prader, Willi, hipotiroidismo, etc.). También fueron excluidos de la investigación los pares de gemelos de sexo diferentes, los pares que no comparten el mismo ambiente y mismos hábitos de actividad física.

Para la autoevaluación de estadio puberal, como punto de corte para la exclusión del par de gemelos fue establecido la diferencia de estadio. Por tanto fueron realizadas dos medidas: la primera después de las entrevistas

preliminares y la segunda después de las evaluaciones físicas. Así, fue posible calcular el índice de Kappa ponderado entre las medidas repetidas de autoevaluación de estadio puberal, separadamente para los individuos monocigóticos (MZ) y dicigóticos (DZ), los cuales fueron encontrados valores superiores a 0,890 con  $p < 0,001$ . Caso si hubiese diferencia intrapar de gemelos para el resultado del estadio puberal, será retirado del análisis.

Los gemelos fueron evaluados con un intervalo máximo de 60 minutos entre un sujeto y otro, para evitar posibles efectos de ambiente en los resultados de los testes. Ningún sujeto participo en cualquier tipo de actividad vigorosa, consumió alcohol o cafeína durante 24 horas antes de la realización de los testes.

El presente estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación del Hospital Universitario Onofre Lopes – CEP/HUOL, debidamente reconocido por la comisión Nacional de Ética en investigación sobre el protocolo **484/10**, conforme la Resolución CNS 196/96, de acuerdo con la declaración de Helsinki 1975 y tratado de 2000.

### *Instrumentos*

Para medir la masa corporal fue utilizado una balanza electrónica Filizola® 110, con capacidad para 150kg, con unidad de medida de 0,1 kg. La estatura fue obtenida por medio de estadiómetro Sanny®, con unidad de medida de 0,1 cm. La posición angular de flexibilidad de cadera durante el protocolo de evaluación fueron registradas por medio de un goniómetro electrónico Miotec®, con una tasa de muestreo de 2000 Hz®. Los datos fueron registrados en el software Miograph®, versión 2.0. El test de potencia de miembros inferiores fue realizado a partir del tapiz de saltos CEFISE® y los datos son registrados en el software Jump System 1.0. Para la velocidad fueron utilizadas células foto eléctricas CEFISE®, modelo Speed Test Fit con precisión de 0,001s.

### *Evaluación de la flexibilidad*

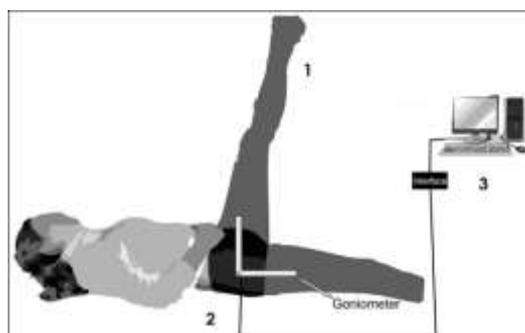
Para verificar el grado de flexibilidad, el evaluado fue orientado en posición supina de decúbito dorsal, realizando, sin calentamiento o estiramiento previo, tres veces el mismo movimiento de flexión de cadera, con intervalo de un minuto entre cada movimiento, conforme la figura 1.

Las posiciones angulares de flexibilidad de cadera durante el protocolo de evaluación fueron registradas por medio de un goniómetro electrónico Miotec®, con una tasa de muestra de 2000 Hz. Los datos fueron registrados en el software Miograph, versión 2.0.

Para este test fueron necesarios 3 evaluadores. El primer evaluador estaba responsable de hacer el estiramiento pasivo en la pierna derecha del evaluado, de forma que con una mano aseguraba la región de los maléolos y

con la otra mano la rodilla, evitando así su flexión, teniendo siempre en cuenta la velocidad de movimiento y siempre en contacto verbal con el evaluado; el segundo evaluador es responsable de fijar el goniómetro en la región de la articulación coxofemoral, acompañando el estiramiento, teniendo como base la marcación ósea del epicóndilo lateral del fémur, y marcando el ángulo; el tercero evaluador queda responsable de hacer la lectura del ángulo alcanzado. En este test, la pierna izquierda está fijada para una estabilización más segura y así impedir la rotación de pelvis (Sullivan, DeJulia, & Worrell, 1992).

El límite máximo de estiramiento y, por tanto, del ángulo verificado, es basado en la sensación de incomodidad y dolor (Branco et al., 2006; Sullivan et al., 1992). Durante la realización de las medidas, el evaluado fue instruido a permanecer en posición final de movimiento durante 3 segundos, periodo necesario para el tercer evaluador verificar la mayor angulación. El mayor valor obtenido en las 3 medidas fue adoptado como valor de referencia (Cyrino et al., 2004). Este era insertado en el software para su análisis posterior.



**Figura 1** – Modelo esquemático de test de flexibilidad de cadera con goniómetro electrónico

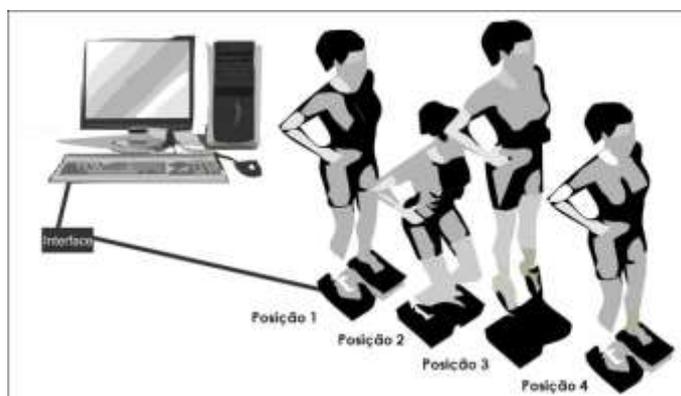
### *Evaluación de la potencia de miembros inferiores*

El test de potencia de miembros inferiores fue realizado por medio de Counter Movement Jump (Figura 2), con el tapiz de Contacto CEFISE®. Los resultados fueron analizados por el software Jump System, versión 1.0. La medida usada fue la altura de salto en centímetros.

Antes de la aplicación del test, los evaluados fueron orientados a realizar un calentamiento general con duración de 5 minutos, estiramiento estático de cuádriceps e isquiotibiales durante 15 segundos para cada movimiento.

El evaluado realizó cuatro saltos con la máxima fuerza posible, obedeciendo un intervalo de 60 segundos entre ellos. El mismo se posicionaba en el tapiz en posición erecta (posición 1), y cuando recibía autorización del evaluador, realizaba el salto con sentadilla para el impulso de hasta 90° de la articulación de rodilla (posición 2). Las manos permanecen fijas en la cadera, en la región de la cresta iliaca, y los pies fueron posicionados paralelos a lo ancho de la cintura. A partir de esta posición, el sujeto realizó un salto vertical lo más alto posible manteniendo la verticalidad del tronco y las rodillas extendidas en el aire (posición 3). En la amortiguación de la bajada (posición 4), los evaluados

podrán flexionar las rodillas, siendo durante la fase aérea, deberían mantenerlos extendidos. Caso si hubiese movimiento de flexión de rodillas antes de autorizarlo el evaluador, el salto será considerado inválido, teniendo la necesidad de repetir la secuencia de saltos (Sousa et al., 2013). El valor utilizado fue el mayor de los 4 saltos.



**Figura 2.** Modelo esquemático de secuencia de saltos en el test de potencia de miembros inferiores.

### *Evaluación de la velocidad de desplazamiento*

La velocidad de desplazamiento fue evaluada usando células foto eléctricas CEFISE®, modelo Speed Test Fit con precisión de de milésimos por segundo. Fue aplicado el test de carrera de 30 metros, con las células posicionadas en las extremidades marcadas. Fueron utilizadas dos barreras de células, localizadas a 0m y a 30m del trayecto y posicionadas aproximadamente en la altura de la cintura del evaluado. La salida de carrera fue en posición en pie y detrás de la primera barrera de la fotocélula. El evaluado transcurrió la distancia de 30 metros en el menor tiempo posible, sin desacelerar antes de ultrapasar la última barrera de fotocélulas (Coelho et al., 2010). El test fue realizado 3 veces para cada individuo con 2 minutos de intervalo entre ellas, siendo utilizado el menos valor de las 3 medidas en el cálculo de la varianza intrapar.

### *Análisis estadístico*

El análisis estadístico fue hecho con base en la varianza intrapar de gemelos. Como estrategia para la observación de normalidad de datos, utilizamos criterios clásicos para verificar la normalidad de la muestra: comportamiento de asimetría (dos veces menor que error padrón de asimetría), de curtosis (dos veces menor que error padrón de curtosis), y de valor mínimo y máximo de media (deben estar comprendidos dentro del valor de tres veces la media). Como estos presupuestos no fueron atendidos para afirmar la normalidad de distribución, todo el análisis de datos fue obtenido por medio de estadística no paramétrica, siendo calculada inicialmente, la mediana y su respectivo IC (Percentil 25-75), a través de test de 2 muestras independientes.

Además fue calculado el Índice de Kappa, ponderado entre medidas repetidas de autoevaluación del estadio puberal separadamente para los individuos monocigóticos (MZ) y dicigóticos (DZ), en los cuales fueron encontrados valores superiores a 0,890 con  $p < 0,001$ . Para eso, fueron aplicadas dos veces la autoevaluación del estadio puberal, una después de las entrevistas preliminares y otra después de las evaluaciones físicas. Caso de haber diferencia intrapar de gemelos para el resultado del estadio puberal, los datos del par en cuestión eran retirados del análisis.

Además de eso fueron calculados los índices de herencia de todas las variables de estudio, demostrando cuanto cada variable posee de carácter genotípico y fenotípico. Para caracteres de variación cuantitativa, tomamos las diferencias entre pares de gemelos MZ y entre pares de gemelos DZ y utilizamos la siguiente ecuación (Clark, 1956):  $h^2 = ((S^2 \text{ DZ} - S^2 \text{ MZ}) / S^2 \text{ DZ}) \times 100$ . Donde  $S^2$  representa la mediana de la variancia de cada serie de diferencias. Cuando  $h^2 = 1$  (100%), la variancia de carácter es atribuible exclusivamente a causas hereditarias. Cuando  $h^2 = 0$ , la variación es enteramente explicada por los efectos ambientales. En ambos los casos, presuponemos que los errores de medida son aleatorios y tienden, por tanto, a anularse. A  $h^2$  será presentada en porcentual.

Ante la inexistencia de una clasificación específica cuanto al poder de contribución genotípica de las capacidades motoras, nuestro estudio conlleva una clasificación. En ella se observa una subdivisión, como estadística inferencial, donde los datos fueron categorizados en cuartiles de 25% en 25%, que ponderan la herencia de las referidas capacidades, siendo denominado el menor cuartil por debajo de 25% como baja heredabilidad, de 25,01% a 50% como moderada baja, de 50,01% a 75% como moderada alta y mayor de 75% como alta heredabilidad (Oliveira et al., 2014; Sousa et al., 2013).

## RESULTADOS

**Tabla 1.** Estadística descriptiva de masa corporal y estatura de los gemelos estudiados.

Cigosidad	Masa Corporal Gemelo A (kg)	Masa Corporal Gemelo B (kg)	Estatura Gemelo A (cm)	Estatura Gemelo B (cm)
Monocigóticos	48,7 (14,77)	49,4 (15,80)	1,5 (0,14)	1,5 (0,14)
Dicigóticos	54,0 (24,03)	53,1 (23,81)	1,6 (0,20)	1,6 (0,21)

**Tabla 2.** Variancia de las capacidades físicas e heredabilidad en gemelos monocigóticos e dicigóticos.

Cigoidad	Variancia de la Altura de Salto	Variancia de la Velocidad de Desplazamiento	Variancia de la Flexibilidad
Monocigotos	1,978636	,013512	78,036190
Dicigóticos	6,531875	,078041	92,514063
H <sup>2</sup>	70%	83%	16%

H<sup>2</sup>= Índice de heredabilidad.

**Tabla 3.** Efecto de la herencia sobre las características físicas.

Característica	Efecto de la herencia
Flexibilidad	Bajo
Altura de Salto	Moderado Alto
Velocidad de Desplazamiento	Alto

Clasificación: < 26% = Baja; 26% – 50% = Moderada Baja; 51% – 75% = Moderada Alta; > 75% = Alta.

## DISCUSIÓN

La estimativa de heredabilidad cuanto a flexibilidad fue baja, de acuerdo con la clasificación, lo que nos predice una contribución ambiental más fuerte. Estos resultados corroboran con los hallazgos de Bouchard et al(1997), que encontró heredabilidad estimada de 18% en el test de sentada yalzada en gemelos de ambos sexos y edades entre 10 y 27 años, en cuanto a la clasificación sugerida es baja.

El nivel de flexibilidad tiende a disminuir individualmente y a lo largo del tiempo en virtud de factores como edad, sexo y nivel de actividad física, comprobándose por los estudios ya citados y apoyando los hallazgos de Bouchard et al (C. Bouchard, 1997; C. Bouchard, Malina, & Pérusse, 1997); que demostraron la estimativa de heredabilidad de cintura en 70% para gemelos con edad entre 10 y 17 años, que corresponde a heredabilidad moderada alta para la clasificación propuesta por el siguiente estudio.

Para la potencia de miembros inferiores, fue encontrada mayor heredabilidad, siendo moderada alta, conforme a nuestra clasificación. Confirmando como en el estudio de Maes et al (1996), que encontró el coeficiente en torno al 65%. Peeters et al.(2005), relato que 56,4% y 62,8% de la estabilidad de fuerza explosiva en niños y niñas, respectivamente, durante la adolescencia es causada principalmente por influencia genética, concluyendo que factores genéticos parecen ser la principal causa de la estabilidad, observada en la altura del salto vertical. Resultado semejantes fueron

encontrados por Okuda (2005), cuando afirmo que en su muestra el factor heredabilidad fue del 66% siendo en nuestra clasificación como moderada alta. Fortaleciendo los nuestros hallazgos, Chatterjee e Das (1995), afirman que la capacidad vital, el salto vertical y la frecuencia cardiaca son influenciados mas por factores genéticos que por factores ambientales, lo que la verdad es lo opuesto de flexibilidad y de agilidad.

En cuanto a la velocidad de desplazamiento, el índice de heredabilidad, conforme a la clasificación observada, es considerado alto, indicando una contribución genética grande. Este hallazgo va en contra de los resultados de Maes et al.(1996), que encontró 30% de heredabilidad para la velocidad, siendo la contribución genética de acuerdo a nuestra clasificación como moderada baja, con todo, la distancia evaluada en el estudio fue inferior, midiendo especialmente la aceleración del desplazamiento y no la velocidad de desplazamiento. Por tanto, el presente estudio busco atender los rigurosos criterios de evaluación, tanto en el test aplicado para medir la velocidad de desplazamiento, cuanto en el uso de método de gemelos, con el fin de minimizar los factores prejudiciales que envuelven los resultados. La utilización de la foto células para medir el tiempo en el test de los 30 metros de carrera confiere a nuestros hallazgos una mayor precisión y autenticidad, y ha sido utilizado en diferentes estudios ya publicados (Dupont, Millet, Guinhouya, & Berthoin, 2005; Glaister et al., 2009; Lemmink, Elferink-Gemser, & Visscher, 2004; Wisløff, Castagna, Helgerud, Jones, & Hoff, 2004).

## CONCLUSIONES

El poder relativo de la contribución genética y ambiental en la variación de las capacidades motoras en gemelos monocigóticos (MZ) y dicigóticos (DZ) quedo evidenciada como mayor heredabilidad para las variables de potencia y velocidad, y mayor influencia ambiental para la flexibilidad.

La aplicación de método de gemelos utilizado en este estudio demostró que las diferencias individuales de flexibilidad, de potencia y velocidad de desplazamiento de los sujetos evaluados pueden ser atribuidas, en parte, a las diferencias genéticas, pues sugiere que la flexibilidad de la articulación de cadera es una característica con baja herencia en los individuos investigados. En contrapartida, la potencia de los miembros inferiores presento herencia moderada alta, concordando con la velocidad de desplazamiento que es una capacidad motora con alta influencia genética conforme a las publicaciones.

Entender cuanto una variable morfo funcional es más o menos influenciada por la herencia es de gran importancia para la Educación Física, pues implica en la formulación y revisión de algunos conceptos relativos al entrenamiento deportivo, al desarrollo motor y al crecimiento y desarrollo desde niños hasta la vejez

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, L., Souza, E. C., Oliveira, M. V., Nascimento, L. F. E., & Dantas, P. M. S. (2014). Heritability of Aerobic Power of Individuals on Northeast Brazil. *Biology of Sport*, 31(4), 267-270. doi: Doi 10.5604/20831862.1120933
- Beiguelman, B. (1994). Dinâmica dos genes nas famílias e nas populações. *Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética*.
- Benítez Sillero, J., Silva-Grigoletto, D., Muñoz Herrera, E., Morente Montero, A., & Guillén del Castillo, M. (2015). Capacidades Físicas en Jugadores de Fútbol Formativo de un club Profesional. *Rev.int.med.cienc.act.fís.deporte*, 15(58). doi: <http://dx.doi.org/10.15366/rimcafd2015.58.006>
- Bouchard, C. (1997). Genetics of human obesity: recent results from linkage studies. *The Journal of nutrition*, 127(9), 1887S-1890S.
- Bouchard, C., Malina, R. M., & Pérusse, L. (1997). *Genetics of fitness and physical performance*: Human Kinetics Publishers.
- Bouchard, C. E., Shephard, R. J., & Stephens, T. E. (1994). *Physical activity, fitness, and health: International proceedings and consensus statement*.
- Branco, V., Negrão Filho, R., Padovani, C., Azevedo, F., Alves, N., & Carvalho, A. (2006). Relação entre a tensão aplicada ea sensação de desconforto nos músculos isquiotibiais durante o alongamento. *Rev bras fisioter*, 10(4), 465-472. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-35552006000400016>
- Chatterjee, S., & Das, N. (1995). Physical and Motor Fitness in Twins. *Japanese Journal of Physiology*, 45(3), 519-534. doi: <http://dx.doi.org/10.2170/jjphysiol.45.519>
- Clark, P. J. (1956). The heritability of certain anthropometric characters as ascertained from measurements of twins. *American Journal of Human Genetics*, 8(1), 49.
- Coelho, D. B., Coelho, L. M., Braga, M. L., Paolucci, A., Cabido, C. T., Júnior, J. F., . . . Silami-Garcia, E. (2010). Correlação entre o desempenho de jogadores de futebol no teste de sprint de 30m e no teste de salto vertical. *Motriz. Revista de Educação Física*, 17(1), 63-70. doi: <http://dx.doi.org/10.5016/1980-6574.2011v17n1p63>
- Cyrino, E. S., Oliveira, A. R., Leite, J. C., Porto, D. B., Dias, R. M. R., Segantin, A. Q., . . . Santos, V. A. (2004). Comportamento da flexibilidade após 10 semanas de treinamento com pesos. *Rev Bras Med Esporte*, 10(4), 233-237. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-86922004000400001>
- Dupont, G., Millet, G. P., Guinhouya, C., & Berthoin, S. (2005). Relationship between oxygen uptake kinetics and performance in repeated running sprints. *European journal of applied physiology*, 95(1), 27-34. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-005-1382-8>
- Glaister, M., Hauck, H., Abraham, C. S., Merry, K. L., Beaver, D., Woods, B., & McInnes, G. (2009). Familiarization, reliability, and comparability of a 40-m maximal shuttle run test. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, 77-82.
- Lemmink, K., Elferink-Gemser, M., & Visscher, C. (2004). Evaluation of the reliability of two field hockey specific sprint and dribble tests in young field hockey players. *British journal of sports medicine*, 38(2), 138. doi: <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2002.001446>
- Lopez, F. A., & Campos Júnior, D. (2010). Tratado de pediatria; Textbook of pediatrics.
- Maes, H. H. M., Beunen, G. P., Vlietinck, R. F., Neale, M. C., Thomis, M., Eynde, B. V., . . . Derom, R. (1996). Inheritance of physical fitness in 10-yr-old twins and their parents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(12), 1479. doi: <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-199612000-00007>
- Marques, A., & Oliveira, J. (2001). O treino dos jovens desportistas. Atualização de alguns temas que fazem a agenda do debate sobre a preparação dos mais

- jovens. *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto*, 1(1), 130-137. doi: <http://dx.doi.org/10.5628/rpcd.01.01.130>
- Okuda, E., Horii, D., & Kano, T. (2005). Genetic and environmental effects on physical fitness and motor performance. *International Journal of Sport and Health Science*, 3(0), 1-9. doi: <http://dx.doi.org/10.5432/ijshs.3.1>
- 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.
- Peeters, H., Van Gestel, S., Vlietinck, R., Derom, C., & Derom, R. (1998). Validation of a telephone zygosity questionnaire in twins of known zygosity. *Behavior Genetics*, 28(3), 159-163. doi: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1021416112215>
- Peeters, M. W., Thomis, M. A., Maes, H. H. M., Loos, R. J. F., Claessens, A. L., Vlietinck, R., & Beunen, G. P. (2005). Genetic and environmental causes of tracking in explosive strength during adolescence. *Behavior Genetics*, 35(5), 551-563. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s10519-005-5417-z>
- Sousa, E. C., Oliveira, M. V., Tenório, F., Pinto, V. C. M., Alonso, L. V. S., & Dantas, P. M. S. (2013). Heritability in women and men of muscle strength of upper and lower limbs. *Medicina Sportiva: Journal of Romanian Sports Medicine Society*, 9(3), 2171.
- Sullivan, M. K., DeJulia, J. J., & Worrell, T. W. (1992). Effect of pelvic position and stretching method on hamstring muscle flexibility. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 24(12), 1383. doi: <http://dx.doi.org/10.1249/00005768-199212000-00012>
- Tanner, J. M. (1981). Growth and maturation during adolescence. *Nutrition reviews*, 39(2), 43-55. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1753-4887.1981.tb06734.x>
- Thomis, M. A., Van Leemputte, M., Maes, H. H., Blimkie, C. J. R., Claessens, A. L., Marchal, G., . . . Beunen, G. P. (1997). Multivariate genetic analysis of maximal isometric muscle force at different elbow angles. *Journal of Applied Physiology*, 82(3), 959-967.
- Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British journal of sports medicine*, 38(3), 285-288. doi: <http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2002.002071>

**Número de citas totales / Total references: 26 (100%)**

**Número de citas propias de la revista / Journal's own references: 1 (3,8%)**