



Junta de Andalucía
Consejería de Educación y Deporte

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

<https://ws072.juntadeandalucia.es/ojs>



Original



Ratio de sexo en la descendencia de futbolistas profesionales: estudio preliminar

D. Vaamonde^{a,b*}, C. Sánchez-Jiménez^c, C. Algar-Santacruz^{a,d}, M. Vaquero^{e,f}, E. Arriaza Ardiles^g, J. M. García-Manso^{b,h}

^a Departamento de Ciencias Morfológicas. Facultad de Medicina y Enfermería. Universidad Córdoba. Córdoba. España.

^b International Network on Physical Exercise and Fertility (INPEF). Córdoba. España.

^c Facultad de Medicina y Enfermería. Universidad de Córdoba. Córdoba. España.

^d Clínica Beiman, Córdoba, España.

^e Departamento de Salud Pública. Facultad de Medicina y Enfermería. Universidad de Córdoba. Córdoba. España.

^f Grupo de Investigación Epidemiológica en Atención Primaria del IMIBIC (Instituto Maimónides de Investigación Biomédica). Córdoba. España.

^g Centro de Estudios Avanzados. Universidad Playa Ancha. Valparaíso. Chile.

^h Departamento de Educación Física. Escuela de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas. España.

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO: Recibido el 3 de abril de 2018, aceptado el 16 de julio de 2018, online el 9 de julio de 2019

RESUMEN

Objetivo: Analizar si el entrenamiento de alta carga de los deportistas masculinos de élite puede influir en la proporción de sexo de sus descendientes.

Método: Diseño observacional, descriptivo y transversal. Participaron 15 futbolistas, siendo condición necesaria que en el momento del estudio se encontrasen deportivamente activos, sin problemas de fertilidad y con descendencia. Las variables de estudio fueron el sexo de la descendencia, el número de hijos y el orden de nacimiento, y cargas de volumen e intensidad. El análisis estadístico consistió en relacionar las variables de carga, volumen e intensidad de ejercicio físico, con el sexo de los hijos, a través de la prueba de Ji cuadrado, teniendo en cuenta un nivel de significación $p < 0.05$.

Resultados: La descendencia fue de 28 hijos (13 niños, 15 niñas). El análisis de volumen e intensidad no reflejó diferencias significativas en la proporción niño/niña ($p = 0.935$; $p = 0.296$ respectivamente). En cambio, dentro de la población de niñas nacidas se observaron más nacimientos como consecuencia del entrenamiento de alta intensidad ($p = 0.037$).

Conclusiones: Este es el primer artículo hasta la fecha que evalúa la influencia del ejercicio físico de alta carga sobre el sexo de la descendencia de varones deportistas. Pese a que el número de niñas no ha sido significativamente mayor al de niños, se observa mayor número de niñas nacidas cuando el entrenamiento es de alta intensidad.

Palabras clave: Ratio de sexo; Descendencia; Reproducción masculina; Entrenamiento; Fútbol.

Sex ratio in the offspring of professional soccer players: preliminary study

ABSTRACT

Objective: To analyze whether the high load training of elite male athletes can influence the sex ratio of their offspring.

Method: Observational, descriptive cross-sectional study. Fifteen male soccer players participated from the study according to the following criteria at the time of the study: being engaged in sports practice and competition, no fertility issues and live offspring. The study variables were the sex of the offspring, the number of children and the order of birth, and volume and intensity loads. The statistical analysis consisted in relating the variables of volume and intensity load with frequency tables by means of the Chi square test, with margin of error $p < 0.05$.

Results: The offspring was 28 children (13 boys, 15 girls). Volume and intensity analysis did not show significant differences in the boy/girl ratio ($p = 0.935$, $p = 0.296$ respectively). In contrast, within the population of girls, more births were observed as a consequence of high intensity training ($p = 0.037$).

Conclusions: This is the first article to date that assesses the influence of high-load physical exercise on the sex of the offspring of male athletes. Although the number of girls has not been significantly greater than that of boys, there is a greater number of girls born when the training is of high intensity.

Keywords: Sex ratio; Offspring; Male reproduction; Training; Soccer.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: fivresearch@yahoo.com (D. Vaamonde).

<https://doi.org/10.33155/j.ramd.2018.07003>

Consejería de Educación y Deporte de la Junta de Andalucía. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Proporção sexual em filhos de jogadores profissionais de futebol: estudo preliminar

RESUMO

Objetivo: Analisar se o treinamento de alta carga de atletas de elite do sexo masculino pode influenciar na proporção sexual de seus descendentes.

Método: Estudo observacional, transversal e descritivo. Quinze jogadores de futebol do sexo masculino participaram do estudo de acordo com os seguintes critérios na época do estudo: estar envolvido na prática de esportes e competição, sem problemas de fertilidade e prole viva. As variáveis de estudo foram o sexo da prole, o número de filhos e a ordem de nascimento e as cargas de volume e intensidade. A análise estatística consistiu em relacionar as variáveis de volume e intensidade da carga com tabelas de frequência por meio do teste Qui-quadrado, com margem de erro $p < 0,05$.

Resultados: A prole foi de 28 crianças (13 meninos e 15 meninas). A análise de volume e intensidade não mostrou diferenças significativas na relação menino / menina ($p = 0,935$, $p = 0,296$ respectivamente). Por outro lado, na população de meninas, mais nascimentos foram observados como consequência do treinamento de alta intensidade ($p = 0,037$).

Conclusões: Este é o primeiro artigo até o momento que avalia a influência do exercício físico de alta carga sobre o sexo de filhos de atletas do sexo masculino. Embora o número de meninas não tenha sido significativamente maior que o de meninos, há um maior número de meninas nascidas quando o treinamento é de alta intensidade.

Palavras chave: Razão sexual; Descendência; Reprodução masculina; Treinamento; Futebol.

Introducción

Se ha documentado cómo, diversos factores, extrínsecos e intrínsecos, pueden alterar el sexo de la descendencia. Entre ellos se encuentran guerras, hambrunas, angustia, nerviosismo intenso, intoxicación por exposición a productos químicos o la exposición a estrés térmico elevado.

Hay casos donde existe relación entre situaciones de estrés extremo y una disminución en el porcentaje de niños respecto a la descendencia femenina de la misma población¹. Entre ellos la guerra de Eslovenia de 1991, causante de estrés psicológico que provoca cambios en la calidad y características del semen de los varones locales (morfología, motilidad y cantidad) resultando en un descenso de la descendencia, más exacerbado en los varones².

Otros factores relacionados con este sesgo son los contaminantes y químicos procedentes de plantas industriales petroquímicas y poliméricas. De este modo, los padres expuestos a estos compuestos durante un periodo de 20 años han visto reducida progresivamente su descendencia masculina³. Igualmente, tras un desastre petrolero en Taiwán, se observa cómo la exposición a distintas sustancias químicas provoca cambios en el sexo de la descendencia. Mismo resultado se observa tras la exposición de los progenitores masculinos a fenoles policlorados⁴ y a altas concentraciones del químico 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina (TCDD)⁵. Otro hecho a destacar es que la gonadotoxicidad por pesticidas, como el nematocida DBCP (dibromocloropropano), reduce el número y motilidad de los espermatozoides⁶, afectando directamente a la descendencia. A los hallazgos anteriores se incluye una discreta relación entre el cáncer testicular y una disminución de la fertilidad, siendo sutilmente menor la proporción de descendencia masculina respecto a la femenina⁷.

En modelo animal se ha observado cómo los espermatozoides testiculares sufren cambios debido al estrés causado por altas temperaturas, dando una disminución en el número, viabilidad y motilidad de los espermatozoides, junto a daño en el ADN espermático. Este choque térmico provoca una distorsión en el sexo de la descendencia⁸.

Es posible que el mecanismo común detrás de estos factores sea la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS) que si no se contrarresta con los adecuados sistemas antioxidantes deriva en una situación de estrés oxidativo que puede afectar al gameto o al embrión. Se ha observado cómo los embriones de ratón de sexo masculino son más vulnerables que los de sexo femenino a la exposición de ROS por estrés térmico. En este sentido, los embriones de sexo femenino muestran cantidades menores de H_2O_2 que los masculinos, explicando así dicho incremento en la supervivencia embrionaria femenina⁹ y, por tanto, que la descendencia femenina sea mayor que la masculina.

Es importante destacar que el cromosoma Y es más vulnerable al daño de ADN, por ejemplo en situaciones donde se genere estrés oxidativo en el momento de la espermiogénesis¹⁰, pudiendo

alterar la proporción de descendencia femenina (XX) respecto a la masculina (XY). Dicho daño de carácter oxidativo indica afecciones que generan radicales libres fragmentando de esta forma el ADN, hecho que se ha podido comprobar claramente en relación con el hábito tabáquico. Especialmente en situaciones de actividad inadecuada del sistema antioxidante se produciría un deterioro en el empaquetamiento de la cromatina y por tanto daño al ADN¹¹. Además, algunos autores reflejan que durante los estadios de espermátidas o espermatozoides puede darse un sesgo en el número resultante de espermatozoides portadores de X o Y¹². También, en el contexto de las técnicas de reproducción asistida (TRA) se ha observado una desviación del sexo hacia el femenino como resultado del empleo de la inyección intracitoplasmática de espermatozoides (ICSI)¹³.

En los últimos años se ha podido observar que el ejercicio físico, principalmente el ejercicio de alta carga, puede comportarse como un estresor de los distintos sistemas corporales, induciendo de esta forma posibles condiciones de carácter anómalo, que pueden incluso derivar en problemas de fertilidad⁸, así como influir en las características espermáticas, tanto de motilidad, viabilidad y número. Se contempla que tales parámetros seminales, principalmente la morfología espermática, pueden alterarse según la disciplina deportiva practicada¹⁴. Los triatletas que practican ejercicio de resistencia de alta intensidad muestran valores anormales en la morfología y fragmentación del ADN espermático, apareciendo un elevado número de células redondas y macrófagos activos, con células germinales aumentadas, sugiriendo una alteración de la espermatogénesis y conllevando eventos apoptóticos y necróticos. Además, se observa un descenso de la capacidad antioxidante, acentuando aún más estos eventos^{15,16}. Dichas alteraciones en la morfología y fragmentación del ADN de los espermatozoides se correlacionan con mayores tiempos de concepción y con menor posibilidad de nacidos vivos^{15,17,18}.

Dado que hay distintas situaciones que pueden llevar a un sesgo en el sexo de la descendencia y que el ejercicio físico puede ser un estresor de la función reproductiva, los deportistas sometidos a entrenamiento de alta carga podrían sufrir un sesgo en su descendencia. El presente estudio por tanto pretende verificar si el sexo de la descendencia se relaciona con la carga de volumen e intensidad de la práctica deportiva.

Método

Para el presente estudio preliminar se han analizado datos de quince futbolistas de primera división originarios de Chile, escogidos al azar, pertenecientes a los equipos de Everton, San Luis y Wanderers. Para la selección de los sujetos era condición necesaria que, previo al embarazo de su pareja, los futbolistas llevaran a cabo su actividad deportiva y entrenamiento habitual, así como conocer la carga de volumen e intensidad de dicho ejercicio físico.

Para clasificar la carga de entrenamiento, se tomó como referencia el volumen total de entrenamiento y partidos jugados en el momento teórico de producirse la concepción (40 semanas antes del parto). Al ser un deporte de equipo y no disponer de un cuaderno individual de control del entrenamiento, se consideró que acumulaban una carga baja de trabajo (bajo volumen y baja intensidad) cuando los jugadores se encontraban en periodo de descanso (Periodo Transitorio), una carga media (bajo volumen e intensidad moderada o baja-moderada) cuando los deportistas se encontraban disputando el campeonato (Período Competitivo) y, finalmente, se consideró como carga alta (alto volumen y alta intensidad) al trabajo realizado por los jugadores en la fase de preparación de la Liga (Pretemporada). Con respecto a las variables volumen e intensidad por separado se pueden describir de la siguiente manera:

Volumen bajo: menos de 4 sesiones de entrenamiento/semana (sesiones inferiores a 1h de trabajo físico); volumen medio: 6-8 sesiones de entrenamiento/semana; volumen alto: >8 sesiones de entrenamiento/semana. La intensidad se cuantificó numéricamente usando la escala de Borg de esfuerzo percibido de 1 a 10¹⁹: intensidad baja: percepción de esfuerzo (PE) <6; intensidad media: PE 6-8; intensidad alta: PE > 8.

Quedaron excluidos del presente estudio aquellos sujetos que presentasen, ellos o su pareja, alguna alteración en el patrón de fertilidad, o aquellos deportistas que no tuviesen descendencia en el momento del estudio o hubiesen tenido hijos prematuros. Se ha llevado a cabo un estudio piloto debido al pequeño número de participantes que cumplían los criterios de inclusión.

El trabajo llevado a cabo se trata de un estudio observacional, descriptivo y transversal, realizado en Chile, entre los meses de Agosto y Octubre de 2017.

Se toma como variable dependiente el sexo de la descendencia. Como variables independientes se utilizan el número de hijos de cada deportista, orden de nacimientos, existencia de algún problema en el patrón de fertilidad, y la carga tanto de volumen como de intensidad del ejercicio que llevaban a cabo (especificándola con cada hijo o hija). Tales variables se transformaron en cualitativas, puesto que al ser un estudio piloto facilita la relación entre ellas.

Para la recogida de datos, los sujetos realizaron un cuestionario autoadministrado. El evaluador asistió a la concentración de los futbolistas el día previo al partido, donde explicó el objetivo y el procedimiento del mismo, posibilitando resolver las dudas existentes y aplicar dicho instrumento. El proceso se realizó conjuntamente con el preparador físico y el psicólogo del equipo.

Análisis estadístico: para describir las variables cualitativas se utilizaron tablas de frecuencias, y para relacionar las variables de carga de volumen e intensidad, respectivamente, de ejercicio físico con el sexo de los hijos se usó la prueba de Ji cuadrado (X^2), teniendo en cuenta un nivel de significación $p < 0.05$. El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el programa SPSS® 8.0.

Se informó a los jugadores con respecto al objetivo del estudio y todos otorgaron su consentimiento para participar en el mismo. Este proyecto fue aprobado por la Comisión Ética de la Universidad de Córdoba.

Resultados

La muestra de 15 futbolistas tuvo una descendencia total de 28 hijos, formada por 13 niños (46.4%), y 15 niñas (53.6%).

Las niñas nacidas se relacionan con niveles de intensidad que muestran diferencias significativas a favor de la alta respecto a las intensidades media o baja (32.1% vs 10.7% vs 10.7%, respectivamente) ($p = 0.037$); mientras que los niños no mostraron diferencias estadísticas al comparar intensidades (14.3% alta, 17.9% media, 14.3% baja; $p = 0.91$).

En cuanto al volumen de entrenamiento, del total de la descendencia, se observó que nacieron 2 hijos (7.1% del total) tras volumen alto, 5 hijos (17.9%) tras uno medio y 6 hijos (21.4%)

tras uno bajo. Respecto a la descendencia femenina, nacieron 3 hijas (10.7%) tras un volumen alto, 5 hijas (17.9%) tras uno medio y 7 hijas (25%) cuando fue bajo. No se encontró relación entre volumen de entrenamiento y sexo de la descendencia ($p = 0.935$). (Figura 1)

Relativo a la intensidad de entrenamiento, tomando como referencia el total de la descendencia, de los 13 hijos varones, 4 (14.3%) nacieron tras alta intensidad, 5 (17.9%) tras una media y otros 4 (14.3%) tras una baja. Por su parte, de la descendencia femenina, 9 hijas (32.1%) nacieron tras alta intensidad del ejercicio, 3 (10.7%) tras una carga media e igualmente 3 (10.7%) tras una carga baja. Tampoco se observaron diferencias significativas entre los sexos de los hijos ($p = 0.296$). (Figura 2)

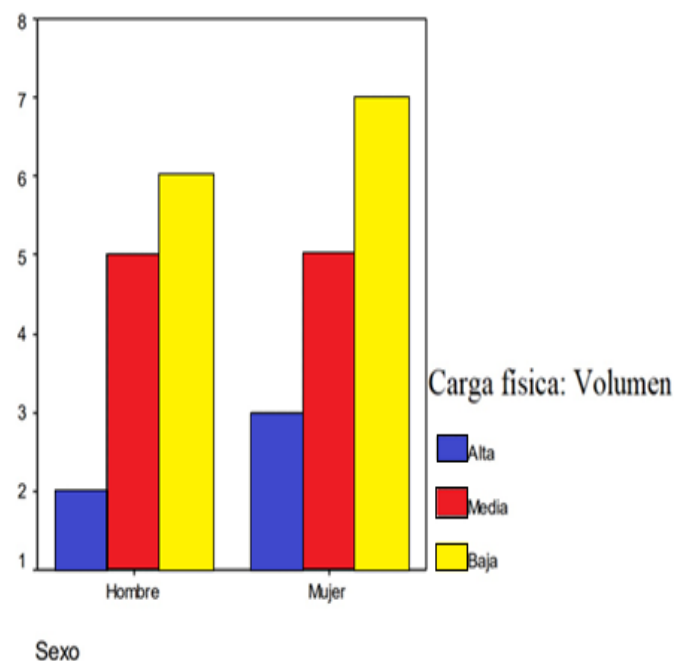


Figura 1. Relación entre la carga de volumen y el número de niños y niñas nacidos

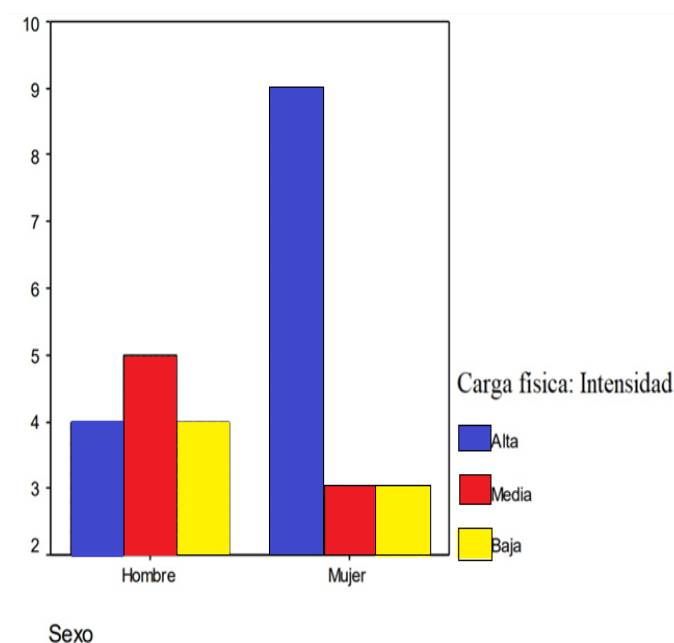


Figura 2. Relación entre la carga de intensidad y el número de niños y de niñas nacidos

Discusión

Este es el primer artículo hasta la fecha que evalúa la influencia del ejercicio físico de alta carga sobre el sexo de la descendencia de varones deportistas, futbolistas en el presente estudio. Pese a que el número de hijas ha sido mayor que el de hijos, no hemos encontrado una diferencia significativa en los resultados, siendo $p=0.935$ para la carga del volumen, y $p=0.296$ en el caso de la intensidad. Si bien es reseñable el hecho de que, como se observa en la [Figura 2](#), el número de hijas se encuentra incrementado respecto al número de hijos en el caso de una intensidad de ejercicio elevada. Tomando sólo la población de niñas, se observaron significativamente más nacimientos en relación a la alta intensidad de entrenamiento ($p=0.037$), no encontrando tales diferencias en la población de niños ($p=0.91$).

Como se ha mencionado anteriormente, diversos agentes externos actúan como estresores corporales incidiendo sobre la capacidad reproductiva y alterando la proporción del sexo de la descendencia¹. Parece que el mecanismo común subyacente de agentes tan diversos como elementos químicos, hambrunas, guerras y estados psicológicos extremos ligados a estilos de vida y factores socio-ambientales^{2,3} puede encontrarse en la generación de radicales libres y especies reactivas de oxígeno⁹ que producirían estados de estrés oxidativo y efectos deletéreos sobre células y sistemas corporales¹⁰.

En modelo animal se ha visto que los espermatoцитos sufren alteraciones por estrés térmico⁸ pudiendo influir en la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS) resultando, si no se contrarrestan, un aumento de estrés oxidativo^{9,20,21}. El cromosoma Y se ve afectado en mayor medida por estos efectos, al ser más vulnerable que el X¹⁰. Dicho estrés, térmico y oxidativo, puede ser no equiparable en distintas modalidades deportivas debido al nivel de exigencia de cada una y las rutas metabólicas empleadas. En fútbol, deporte de tipo intermitente, hay períodos de actividad e inactividad, conllevando distintos niveles de estrés físico que influirían de modo variable sobre dicho estrés. Tal variación podría mostrar el sesgo observado en la proporción de niños y niñas.

Igualmente, nos reafirmamos en la idea descrita por Tarín et al. de la existencia de diversos genes distorsionadores que durante la meiosis en los estadios de espermátidas y espermatozoides sesgan la proporción de sexos, pues se afecta la maduración espermática y la capacidad de fertilización de los espermatozoides que portan los cromosomas X o Y^{12,22}. A pesar de que nuestro estudio utiliza poblaciones que proceden de concepción natural, es interesante mencionar que estudios in vitro observan también un sesgo en la descendencia hacia el sexo femenino¹³.

El estudio presenta la limitación de un pequeño tamaño muestral, pues los diversos participantes son los únicos que reúnan las condiciones requeridas para llevar a cabo el presente análisis (no existencia de problemas de fertilidad en el deportista y en la pareja, que tengan descendencia en el momento de la recogida de datos). Por tanto, la potencia estadística es pequeña, obteniendo diferencias no significativas en este caso y deporte en concreto.

Se deriva la necesidad de más estudios que puedan confirmar la posibilidad de un sesgo en el sexo de los niños descendientes de deportistas, con un mayor tamaño muestral e intentando encontrar los mecanismos subyacentes que podrían llevar a este sesgo.

Autoría. Todos los autores han contribuido intelectualmente en el desarrollo del trabajo, asumen la responsabilidad de los contenidos y, asimismo, están de acuerdo con la versión definitiva del artículo. **Financiación.** Los autores declaran no haber recibido financiación. **Conflicto de intereses.** Los autores declaran no tener conflicto de intereses. **Origen y revisión.** No se ha realizado por encargo, la revisión ha sido externa y por pares. **Responsabilidades éticas.** Protección de personas y animales: Los autores declaran que los procedimientos seguidos están conforme a las normas

éticas de la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki. Confidencialidad: Los autores declaran que han seguido los protocolos establecidos por sus respectivos centros para acceder a los datos de las historias clínicas para poder realizar este tipo de publicación con el objeto de realizar una investigación/divulgación para la comunidad. Privacidad: Los autores declaran que no aparecen datos de los pacientes en este artículo.

Bibliografía

1. [Obel C, Henriksen T, Secher N, Eskenazi B, Hedegaard M. Psychological distress during early gestation and offspring sex ratio. Hum Reprod. 2007;22\(11\):3009-12.](#)
2. [Zorn B. Decline in sex ratio at birth after 10-day war in Slovenia: Brief communication. Hum Reprod. 2002;17\(12\):3173-7.](#)
3. [Mackenzie C, Lockridge A, Keith M. Declining Sex Ratio in a First Nation Community. Environ Health Perspect. 2005;113\(10\):1295-8.](#)
4. [Gomez I, Marshall T, Tsai P, Shao Y, Guo Y. Number of boys born to men exposed to polychlorinated byphenyls. Lancet. 2002;360\(9327\):143-4.](#)
5. [Ishihara K, Warita K, Tanida T, Sugawara T, Kitagawa H, Hoshi N. Does Paternal Exposure to 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-Dioxin \(TCDD\) affect the Sex Ratio of Offspring? J Vet Med Sci. 2007;69\(4\):347-52.](#)
6. [Terrell M, Hartnett K, Marcus M. Can environmental or occupational hazards alter the sex ratio at birth? A systematic review. Emerg Health Threats J. 2011;4\(1\):7109.](#)
7. [Jacobsen R, Bostofte E, Engholm G, Hansen J, Skakkebaek N, Møller H. Fertility and offspring sex ratio of men who develop testicular cancer: a record linkage study. Hum Reprod. 2000;15\(9\):1958-61.](#)
8. [Pérez-Crespo M, Pintado B, Gutiérrez-Adán A. Scrotal heat stress effects on sperm viability, sperm DNA integrity, and the offspring sex ratio in mice. Mol Reprod Dev. 2007;75\(1\):40-7.](#)
9. [Pérez-Crespo M, Ramírez M, Fernández-González R, Rizo D, Lonergan P, Pintado B et al. Differential sensitivity of male and female mouse embryos to oxidative induced heat-stress is mediated by glucose-6-phosphate dehydrogenase gene expression. Mol Reprod Dev. 2005;72\(4\):502-10.](#)
10. [Aitken R, Krausz C. Oxidative stress, DNA damage and the Y chromosome. Reprod. 2001;122\(4\):497-506.](#)
11. [Bellver J, Meseguer M, Muriel L, Garcia-Herrero S, Barreto M, Garda A, et al. Y chromosome microdeletions, sperm DNA fragmentation and sperm oxidative stress as causes of recurrent spontaneous abortion of unknown etiology. Hum Reprod. 2010;25\(7\):1713-21.](#)
12. [Tarín J, García-Pérez M, Hermenegildo C, Cano A. Changes in sex ratio from fertilization to birth in assisted-reproductive-treatment cycles. Reprod Biol Endocrinol. 2014;12\(1\):56.](#)
13. [Maalouf W, Mincheva M, Campbell B, Hardy I. Effects of assisted reproductive technologies on human sex ratio at birth. Fertil Steril. 2014;101\(5\):1321-5.](#)
14. [Vaamonde D, Da Silva-Grigoletto M, García-Manso J, Vaamonde-Lemos R, Swanson R, Oehninger S. Response of semen parameters to three training modalities. Fertil Steril. 2009;92\(6\):1941-6.](#)
15. [Vaamonde D, Da Silva-Grigoletto M, Fernandez J, Algar-Santacruz C, García-Manso J. Findings on sperm alterations and DNA fragmentation, nutritional, hormonal and antioxidant status in an elite triathlete. Case report. Rev Andal Med Deporte. 2014;7\(4\):143-8.](#)
16. [Vaamonde D, Algar-Santacruz C, Abbasi A, García-Manso J. Sperm DNA fragmentation as a result of ultra-endurance exercise training in male athletes. Androl. 2017;50\(1\):e12793.](#)

17. [Van Waart J, Kruger TE, Lombard CJ, Ombelet W. Predictive value of normal sperm morphology in intrauterine insemination \(IUI\): a structured literature review. Hum Reprod Update. 2001;7\(5\):495–500.](#)
18. [Evenson DP, Wixon R. Clinical aspects of sperm DNA fragmentation detection and male infertility. Theriogenol. 2006;65\(5\):979–91.](#)
19. [Borg G. Borg's Perceived exertion and pain scales. Champaign, IL: Hum Kinet; 1998.](#)
20. [Paital B. Longevity of animals under reactive oxygen species stress and disease susceptibility due to global warming. World J Biol Chem. 2016;7\(1\):110.](#)
21. [Nakano T, Kameda M, Shoji Y, Hayashi S, Yamaguchi T, Sato M. Effect of severe environmental thermal stress on redox state in salmon. Redox Biol. 2014;2:772-6.](#)
22. [Ellis PJ, Yu Y, Zhang S. Transcriptional dynamics of the sex chromosomes and the search for offspring sex-specific antigens in sperm. Reprod. 2011;142:609–19.](#)