

CORRELACIÓN GENÉTICA Y FENOTÍPICA ENTRE ASIMETRÍA FLUCTUANTE, INMOVILIDAD MUSCULAR Y COCIENTE DE LEUCOCITOS EN GALLINAS

Campo, J.L., Dávila, S.G., M.G. Gil y Muñoz, I.

Departamento de Mejora Genética Animal, Instituto Nacional de Investigación Agraria y Alimentaria, Apartado 8111, 28080 Madrid; jlcampo@inia.es

INTRODUCCIÓN

La asimetría fluctuante es el índice más recomendado de estabilidad durante el desarrollo (Palmer y Strobeck, 1992) y se considera un indicador del estrés genético o ambiental (Parsons, 1992), utilizándose como medida del bienestar y de la aptitud biológica de un animal (Tuytens, 2003). La relación entre asimetría fluctuante, duración de inmovilidad muscular (Gallup, 1979), y cociente de leucocitos (Gross y Siegel, 1983) ha sido estudiada a nivel fenotípico. Moller et al. (1999) indicaron que la asimetría fluctuante para longitud de pata estaba positivamente correlacionada con la duración de la inmovilidad muscular (0.24*) en pollos sometidos a estrés de luz, aunque ninguna de las estimas indicadas por Moller et al. (1995) era significativa en pollos sometidos a estrés de densidad de población (de 0.16 a 0.40). Similarmente, Mignon-Grasteau et al. (1993) no encontraron correlación significativa entre asimetría fluctuante y duración de la inmovilidad muscular en codornices, y Campo et al. (2000, 2002) tampoco encontraron correlaciones significativas entre asimetría fluctuante, inmovilidad muscular y cociente de leucocitos en gallinas. Yalcin et al. (2003) indicaron que la asimetría fluctuante no estaba correlacionada con la duración de la inmovilidad muscular ni con el cociente de leucocitos en pollos de carne. El objetivo de este estudio fue estimar por máxima verosimilitud restringida la correlación genética y fenotípica entre asimetría fluctuante, duración de la inmovilidad muscular, y cociente de leucocitos en gallinas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizó una raza sintética de gallinas (Castellana Codorniz), originada a partir del cruce F₂ entre la Castellana Negra y la Prat Leonada (Campo, 1991). Se usaron 1.073 aves (358 machos y 715 hembras), pertenecientes a dos generaciones consecutivas (236 y 837 aves, respectivamente) con genealogía completa, para estimar la correlación entre la asimetría fluctuante, la duración de la inmovilidad muscular y el cociente de leucocitos a las 36 semanas de edad. Las aves no fueron estresadas deliberadamente.

Se midieron cinco caracteres bilaterales, tres morfológicos (longitud de pata, ala y segunda pluma primaria) y dos sexuales secundarios (área de orejilla y barbilla). Los valores del lado derecho (D) e izquierdo (I) se tomaron en la misma sesión. La asimetría fluctuante se definió por el valor absoluto de la diferencia entre lados [|D-I|] y la asimetría relativa dividiendo el valor absoluto por la media del carácter [$2|D-I|/(D+I)$]. Se siguió el protocolo experimental indicado por Knierim et al. (2007) para identificar la asimetría como fluctuante y separarla del error de medida (Campo et al., 2005). La asimetría relativa no tenía distribución normal y se hizo la transformación arco seno raíz cuadrada. La inmovilidad muscular fue inducida colocando el animal sobre el dorso y con la cabeza colgando en una cuna de madera en forma de U (Jones y Faure, 1981), usando la transformación logarítmica antes del análisis. Para obtener el cociente de leucocitos (heterófilos:linfocitos) se siguió el método indicado por Lucas y Jamroz (1961), y se hizo la transformación raíz cuadrada.

Se utilizó un modelo mixto multivariado (Henderson y Quaas, 1976), el método indirecto de Misztal y Gianola (1987), el algoritmo libre de derivadas de Graser et al. (1987), y los paquetes PEST y VCE (Groeneveld et al., 1990; Groeneveld, 1994) para estimar los componentes de varianza-covarianza genética aditiva por máxima verosimilitud restringida (REML).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tanto la heredabilidad de la inmovilidad muscular como la del cociente de leucocitos fueron bajas (0.06 ± 0.02 y 0.13 ± 0.03 , respectivamente). La heredabilidad de la asimetría fluctuante no difería significativamente de cero, variando entre 0.00 y 0.06 (Campo et al., 2005).

Tabla 1. Correlación genética y fenotípica (paréntesis) entre asimetría fluctuante e inmovilidad muscular

Carácter	$\text{arc sen } [2 D-I /(D+I)]^{0.5}$	$ D-I $	$ D-I ^{0.5}$	$\log D-I $	$(D^2+I^2)-0.5(D+I)^2$	$ \ln D - \ln I $	$\log D - \log I$
Longitud de pata	0.39 (-0.03)	0.99*** (-0.03)	0.97*** (-0.02)	0.04 (0.01)	-0.12 (-0.02)	-0.30 (0.00)	-0.08 (0.00)
Longitud de ala	0.35 (-0.02)	0.21 (-0.04)	0.95*** (-0.03)	0.99*** (-0.02)	-0.26 (-0.04)	-0.12 (0.00)	0.29 (0.03)
Longitud de pluma	-0.29 (0.01)	-0.98*** (0.01)	-0.99*** (-0.06)	-0.98*** (-0.01)	-0.94*** (0.02)	-0.90*** (0.00)	-0.95*** (0.02)
Area de orejilla	0.98*** (0.00)	0.99*** (0.03)	0.97*** (-0.01)	0.88*** (-0.02)	-0.21 (0.08)	0.99*** (0.01)	-0.18 (-0.02)
Area de barbilla	0.99*** (0.01)	0.95*** (0.03)	0.98*** (-0.10)	0.97*** (0.05)	0.99*** (0.03)	0.99*** (0.00)	0.91*** (0.00)

Se encontró una correlación genética positiva entre la asimetría relativa de área de orejilla y área de barbilla, y la inmovilidad muscular (Tabla 1), así como entre la asimetría relativa media y la inmovilidad muscular (0.99^{***}), mientras que la correlación fenotípica fue casi cero para los cinco caracteres y la asimetría relativa media (-0.03). Además de la asimetría relativa se utilizó la asimetría absoluta, $|D-I|$, dos valores transformados, $|D-I|^{0.5}$, $\log|D-I|$, y tres índices alternativos, $(D^2+I^2)-0.5(D+I)^2$, $|\ln D - \ln I|$, $\log D - \log I$. Aunque la asimetría absoluta tiene una distribución $\frac{1}{2}$ normal, los dos valores transformados se distribuyen normalmente. La correlación genética entre estos seis valores y la inmovilidad muscular estaba muchas veces cerca de +1 o de -1, incluyendo la de la asimetría absoluta media (0.99^{***}), mientras que la correlación fenotípica estaba siempre cerca de cero (0.02 la de la asimetría absoluta media).

Tabla 2. Correlación genética y fenotípica (paréntesis) entre asimetría fluctuante y cociente leucocitos

Carácter	$\text{arc sen } [2 D-I /(D+I)]^{0.5}$	$ D-I $	$ D-I ^{0.5}$	$\log D-I $	$(D^2+I^2)-0.5(D+I)^2$	$ \ln D - \ln I $	$\log D - \log I$
Longitud de pata	0.25 (0.03)	0.13 (-0.01)	0.18 (-0.01)	0.13 (0.02)	0.03 (-0.01)	0.05 (0.00)	-0.12 (0.01)
Longitud de ala	-0.06 (-0.03)	-0.20 (-0.09)	-0.29 (-0.02)	-0.02 (0.00)	-0.24 (-0.03)	-0.21 (-0.04)	0.38 (0.05)
Longitud de pluma	-0.99*** (-0.01)	-0.90*** (-0.02)	-0.97*** (0.01)	-0.96*** (-0.01)	-0.90*** (0.01)	-0.99*** (0.01)	-0.98*** (0.02)
Area de orejilla	0.98*** (0.00)	0.99*** (-0.02)	0.98*** (-0.02)	0.63*** (-0.01)	0.99*** (0.05)	0.99*** (0.00)	0.99*** (-0.02)
Area de barbilla	-0.99*** (-0.03)	-0.14 (-0.04)	-0.10 (-0.04)	-0.97*** (-0.03)	-0.90*** (-0.02)	-0.90*** (-0.05)	-0.31 (0.03)

Aunque la correlación genética fue positiva entre asimetría relativa de área de orejilla y cociente de leucocitos, la de longitud de pluma y área de barbilla fue negativa (Tabla 2). La correlación genética entre la asimetría relativa media y el cociente de leucocitos fue 0.89^{***} . La correlación fenotípica fue de nuevo casi cero para los cinco caracteres y la asimetría relativa media (-0.02). La correlación genética entre los dos valores transformados, los tres índices alternativos, y el

cociente de leucocitos estaba muchas veces cerca de +1 o de -1 (0.91*** la de la asimetría absoluta media), mientras que la correlación fenotípica estaba siempre cerca de cero (-0.02 la de la asimetría absoluta media).

La correlación fenotípica concuerda con las estimas encontradas en estudios previos (Mignon-Grasteau et al., 1993; Yalcin et al., 1993; Moller et al., 1995; Campo et al., 2000, 2002). La correlación genética entre asimetría fluctuante e inmovilidad muscular tendía a ser positiva, mientras que entre asimetría fluctuante y cociente de leucocitos variaba entre +1 y -1, aunque en ambos casos la correlación con la asimetría media estaba cerca de +1. La correlación fenotípica entre asimetría fluctuante, inmovilidad muscular y cociente de leucocitos era siempre cero, por lo que la correlación genética no reflejaba la correlación fenotípica. Puesto que la correlación genética (r_{12}^G) y la ambiental (r_{12}^E) se combinan para dar la correlación fenotípica $\{r_{12}^P = h_1 h_2 r_{12}^G + [(1-h_1^2)(1-h_2^2)]^{0.5} r_{12}^E\}$, si ambos caracteres tienen baja heredabilidad (h_1^2, h_2^2), la correlación fenotípica está determinada principalmente por la ambiental. La heredabilidad era baja en todos los casos y la correlación ambiental (entre -0.04 y 0.00) no difería de cero como la fenotípica. La gran diferencia entre la correlación genética y la ambiental indica que estas fuentes de variación afectan a los distintos indicadores de estrés a través de diferentes mecanismos fisiológicos.

La correlación genética entre inmovilidad muscular y cociente de leucocitos fue negativa (-0.46***), siendo la correlación fenotípica no diferente de cero (-0.01). Los estudios previos de correlación fenotípica indican valores de cero (Beuving et al., 1989; Yalcin et al., 2003) o negativos (Campo y Redondo, 1996, 1997; Mahboub et al., 2004).

En conclusión, las correlaciones fenotípicas encontradas sugieren que la asimetría fluctuante no está asociada con la duración de la inmovilidad muscular o el cociente de leucocitos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Beuving et al. 1989. Br. Poult. Sci. 30, 175-184.
- Campo, 1991. Poult. Sci. 70, 1469-1473.
- Campo & Redondo, 1996. Poult. Sci. 75, 155-159.
- Campo & Redondo, 1997. 5th Europ. Symp. Poult. Welf., Wageningen, 163-164.
- Campo et al. 2000. Poult. Sci. 79, 453-459.
- Campo et al. 2002. Europ. Poult. Sci. 66, 85-89.
- Campo et al. 2005. Poult. Sci. 84, 1689-1697.
- Gallup, 1979. Anim. Behav. 27, 316-317.
- Graser et al. 1987. J. Anim. Sci. 64, 1362-1370.
- Groeneveld, 1994. 5th World Congr. Genet. Appl. Liv. Prod., Guelph, 47-48.
- Groeneveld et al. 1990. 4th World Congr. Genet. Appl. Liv. Prod., Edinburgh, 488-491.
- Gross & Siegel, 1983. Avian. Dis. 27, 972-979.
- Henderson & Quaas, 1976. J. Anim. Sci. 43, 1188-1197.
- Jones & Faure, 1981. Behav. Proc. 6, 47-55.
- Knierim et al. 2007. Physiol. Behav. 92:398-421.
- Lucas & Jamroz, 1961. Atlas of Avian Hematology. USDA, Washington, DC.
- Mahboub et al. 2004. Br. Poult. Sci. 45, 738-744.
- Mignon-Grasteau et al. (1993). Behav. Proc. 61, 69-75.
- Misztal & Gianola, 1987. J. Dairy Sci. 70, 716-723.
- Moller et al. 1995. Poult. Sci. 74, 1761-1771.
- Moller et al. 1999. Appl. Anim. Behav. Sci. 62, 57-71.
- Palmer & Strobeck, 1992. Acta Zool. Fenn. 191, 57-72.
- Parsons, 1992. Heredity 68, 361-364.
- Tuytens, 2003. Anim. Welf. 12, 535-540.
- Yalcin et al. 2003. J. Appl. Poult. Res. 12, 382-388.

GENETIC AND PHENOTYPIC CORRELATION BETWEEN FLUCTUATING ASYMMETRY, TONIC IMMOBILITY AND LEUKOCYTE RATIO IN CHICKENS

ABSTRACT: The estimated genetic relationship between the combined relative asymmetry of all traits and tonic immobility or leukocyte ratio was near to +1; no significant phenotypic relationship was found between relative fluctuating asymmetry and tonic immobility or leukocyte ratio. A significant negative genetic correlation between tonic immobility and leukocyte ratio was found, although the phenotypic association between them was zero.

Keywords: *fluctuating asymmetry, stress, fear, correlations, chickens*