INCUBACIÓN CIRCADIANA:
LA PRÓXIMA GENERACIÓN DE TECNOLOGÍA MODULAR DE CARGA ÚNICA

Marleen Boerjan
Director R&D, PAS Reform

Intern. Hatchery Practice., 24: 4, 13-15. 2010

Introducción

La producción moderna requiere aves que crezcan uniformemente y eficientemente, lo que significa que la mayor parte de su nutrición vaya dirigida a la producción. Las aves eficientes son resistentes a las condiciones estresantes y usan tan solo pequeñas cantidades de nutrientes para el mantenimiento de los sistemas fisiológicos básicos. Los genetistas han introducido el concepto de "robustez" para describir estas eficientes aves modernas en términos más biológicos, así que, en la actualidad, la robustez define también un importante rasgo de selección, relacionado con la salud y el bienestar animal (Star y col., 2008; McKay, 2009).

La robustez constituye un criterio de salud que se origina en la vida del embrión y está relacionada con el crecimiento y la resistencia de cada pollo bajo diferentes condiciones de granja. Nosotros definimos como pollito robusto a un pollito de un día de primera clase que cumple con las expectativas de crecimiento y producción bajo diferentes diseños de granja y condiciones fluctuantes, tales como las temperaturas altas y bajas. Los lotes de pollitos de un día robustos muestran baja mortalidad, necesitan menos medicación y poseen el potencial para un crecimiento inmejorable, incluso bajo condiciones adversas en la granja.

Para apoyar el desarrollo de pollitos robustos de un día nosotros hemos introducido la incubación circadiana como un desarrollo progresivo y natural de la incubación

de carga única. La incubación circadiana se basa sobre observaciones de que el "entrenamiento" embrionario - o la impresión de las funciones corporales – estimula la robustez en la granja. Esta impresión se consigue exponiendo al embrión a detonantes ambientales durante los períodos críticos de maduración de los sistemas de control fisiológicos y se ha demostrado que se producen alteraciones de larga duración en la epigenética perinatal al programar las funciones corporales –Tzschentke y Plageman, 2006 -. En las aves, el sistema fisiológico mejor conocido es el de la maduración de la termorregulación y su dependencia de las temperaturas de la incubadora. El estudio demuestra que el embrión expuesto a cortos períodos de calor o frío desarrolla una mejor capacidad para controlar la temperatura corporal durante las épocas de calor o frío en la granja.

Consecuentemente, estas aves destinan la mayor parte de su alimento para el crecimiento y usan mucho menos para el mantenimiento de las funciones corporales.

La incubación circadiana constituye un protocolo en las máquinas de carga única que incluye una estimulación periódica mediante un aumento de temperatura durante ciertos períodos sensibles del desarrollo embrionario. El término "circadiano" significa literalmente "alrededor de un día" ya que deriva del latín -*circa*, alrededor y *dies*, día–. Por tanto, el término circadiano se refiere a los ritmos biológicos diarios observados en la mayoría de organismos, tales como el ritmo día – noche en la temperatura corporal. Los ritmos biológicos, también llamados reloj circadiano o biológico, son esenciales para regular el ritmo diario metabólico y otras funciones fisiológicas. En contraste a la naturaleza, los embriones incubados en una incubadora convencional no se hallan expuestos al ritmo diario. Esto cambia cuando se aplica la técnica de la incubación circadiana.

Desarrollo del embrión

Para entender la robustez de un pollito de un día, necesitamos comprender primero el desarrollo y la maduración del sistema fisiológico en el embrión (Tzschentke y Plagemann, 2006, Gilbert y Epel, 2009).

El desarrollo embrionario comprende cierto número de complejas interacciones embrionarias entre células y grupos de células, lo que se entiende mejor observando simplemente el desarrollo que tiene lugar en diferentes fases.

La primera se conoce como *Fase de Diferenciación* y es cuando se determinan y diferencian las distintas estructuras embrionarias y las diferentes zonas de órganos.

La segunda -la *Fase de Crecimiento*- se llama así porque es cuando los diferentes órganos y tejidos crecen para alcanzar su estructura y tamaño final. Los órganos no solo desarrollan su forma final sino que también adquieren la capacidad para funcionar fisiológicamente, aunque en este punto todavía no están integrados dentro de un sistema de control fisiológico.

La tercera y última fase del desarrollo embrionario es conocida como la *Fase de Maduración* y está caracterizada por la maduración de las funciones fisiológicas y el desarrollo de los sistemas integrados de control fisiológico y endocrino.

El desarrollo embrionario constituye un proceso continuo. Cada fase del embrión se superpone, mientras que el embrión va pasando gradualmente de un estado embrionario al de la eclosión. El rendimiento normal post-nacimiento es posible solamente cuando ha tenido lugar la maduración funcional de los órganos y el ajuste de los circuitos fisiológicos integrados, durante los días finales de la incubación. Un buen ejemplo de un "circuito fisiológico integrado" lo constituye el sistema termorregulador, que controla la temperatura del cuerpo en la última fase del embrión y del pollito. Los órganos involucrados en la termorregulación -el hipotálamo, la glándula tiroides y la pituitaria- se desarrollan y crecen durante el periodo medio o *Fase de Crecimiento* de la incubación. Sin embargo, la maduración final de los sistemas termorreguladores tiene lugar durante los últimos días de la *Fase de Maduración* o en los primeros días después del nacimiento.

Expresión diferencial de los genes

Para comprender mejor el camino para conseguir un pollito de un día robusto, que pueda enfrentarse a las variantes condiciones de la granja, necesitamos mirar hacia un nivel más bajo del desarrollo embrionario: el de la interacción célula a célula y la expresión diferencial del gen.

Cada fase del desarrollo embrionario que hemos descrito antes se reconoce por interacciones celulares específicas y la expresión de los genes.

Al tiempo que el embrión se desarrolla después de la fertilización, el número de células aumenta y estas

células acaban diferenciándose ya que cada una adopta las características de su limitado destino final.

Algunas células crecen para formar el tejido muscular, mientras que otras se convierten en parte del esqueleto.

La diferenciación de las células es el resultado de la expresión diferencial del gen: las células del músculo expresan genes para las proteínas contractivas, mientras que las de hueso producen proteínas que pueden fijar el calcio, por ejemplo. Por tanto, la expresión diferencial del gen es el fundamento de las tres fases del desarrollo embrionario y la activación y expresión diferencial de los genes ha constituido el objetivo clave para la investigación y publicación en el campo de la biología evolutiva (Gilbert, 2006).

Hoy en día se sabe que variaciones mínimas en el medio ambiente de las células embrionarias provocarán variaciones en la expresión de los genes. Embriones procedentes de los mismos padres, que han heredado básicamente el mismo potencial genético, desarrollan diferentes fenotipos cuando se ven expuestos a diferentes agentes inductores ambientales: los agentes que preparan y adaptan al embrión para hacer frente a las condiciones variantes después del nacimiento.

Un término usado a menudo para explicar la interacción embrión - ambiente es el de *adaptación epigenética*: el estudio de cómo los cambios en los modelos de expresión del gen debidos al ambiente pueden causar variaciones en los fenotipos -Gilbert y Epel, 2009-. La discusión actual sobre el origen embrionario de la salud humana y del fallo del corazón al final de la vida, por ejemplo, se refiere a los efectos epigenéticos durante el desarrollo embrionario y fetal del bebé.

Adaptación epigenética

En la investigación avícola, la idea de que el embrión puede aclimatarse a un cierto detonante para rendir mejor en su vida posterior está siendo cada vez más aceptada -Decuypere, 1984, Minne y Decuypere, 1984; Nichelmann y Tzschentke, 2002; Yahav y col., 2004-. Generalmente, el detonante más estudiado para la adaptación epigenética es la exposición del embrión a breves períodos de una temperatura baja. Se ha observado que los períodos críticos, cuando el embrión está más propenso para la adaptación térmica, se encuentran al principio de la primera fase del desarrollo, cuando está siendo inducida la diferenciación de las estructuras específicas y otra vez en la última fase del desarrollo, cuando maduran los órganos y los sistemas fisiológicos.

Se ha demostrado que una manipulación térmica de cuatro días durante la fase de diferenciación para influir en la proliferación de células musculares en embriones de pavo afecta posteriormente y positivamente al desarrollo muscular después del nacimiento -Maltby y col. 2004-. En el pollo, el aumento de la temperatura por períodos cortos, a partir de los 4-7 días de incubación, estimula el movimiento y actividad del embrión, favoreciendo el crecimiento de las patas y músculos del mismo -Hammond y col. 2007-. Los embriones de broiler pueden ser condicionados termalmente durante sus últimos días en la incubadora, de tal manera que adquieren tolerancia al calor en la granja ya desde temprana edad -Moraes y col. 2003, Collin y col., 2007- alterando así su crecimiento post-natal -Coolin y col., 2005, Halevey y col., 2006-. También se ha demostrado que cortos períodos de exposición al frío -60 min. a 15º C- a los 18 y 19 días de desarrollo del embrión mejoran el rendimiento a los 38 días de edad -Zinder y col. 2009.

Se consigue una adaptación más duradera cuando se aplica la manipulación periódica térmica durante la última parte de la Fase de Maduración, cuando están ya bien desarrollados los circuitos integrados para el sistema termorregulador y por tanto responden mejor al "entrenamiento" -Tzschentke, 2007, 2008 y Tzschentke y Halle, 2009-. Se ha visto que con la manipulación térmica durante esta última fase en la incubadora y en la cámara de nacimientos se consigue una mejora del 1,5% en la viabilidad, de un 2,9% en el crecimiento de los machos y un mejor índice de conversión, datos todos ellos que indican un incremento de la robustez en los pollitos de un día (Tzschentke y Halle, 2009).

Posteriores investigaciones descifrarán fases específicas de la sensibilidad del embrión y las condiciones para engendrar el uso futuro de la estimulación térmica en las plantas incubadoras comerciales, para inducir un aumento de la robustez en pollitos de un día procedentes de lotes de diferentes edades y diversas estirpes comerciales. Por ahora, los prometedores resultados científicos ya ratifican el desarrollo y la introducción de la incubación circadiana.

De la incubación de carga única a la incubación circadiana

Si el objetivo de la incubación moderna es el de producir pollitos de un día uniformes y robustos, el

sistema actual de cargas múltiples no proporciona el grado de control necesario y la incubación de carga única necesita un mayor desarrollo. Las incubadoras de carga única pueden desde luego ajustarse y prepararse de manera que las condiciones climáticas coincidan con las necesidades de los embriones modernos para mejorar la calidad y uniformidad del pollito recién nacido -Boerjan, 2002-. Hoy en día, la suposición básica para diseñar los programas de incubación de carga única es la de que el desarrollo óptimo del embrión tiene lugar bajo condiciones constantes, sin fluctuaciones. Sin embargo, la idea de que un embrión puede adaptarse a ciertos factores de estrés -por ejemplo temperaturas altas o bajas-, para acrecentar la robustez y dar un mejor rendimiento a lo largo de su vida está consiguiendo una aceptación muy significativa. En el sector avícola, donde está previsto un crecimiento substancial a los largo de las próximas dos o tres décadas, la incubación circadiana constituye un importante paso para poder satisfacer las demandas de la próxima generación y dar más oportunidades a las plantas incubadoras comerciales.

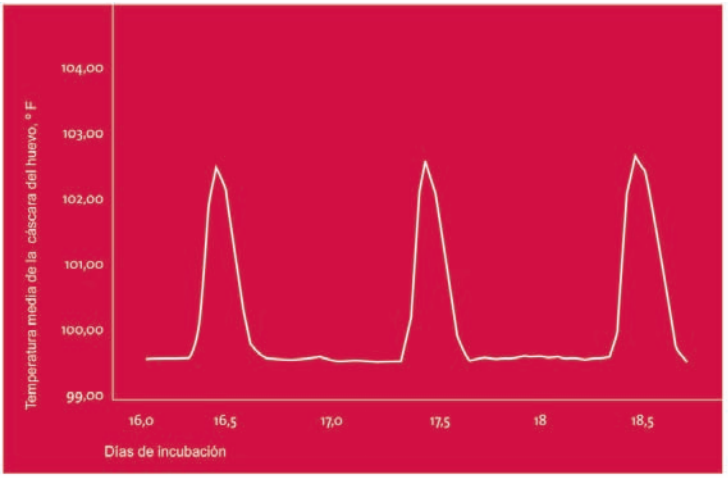

Fig. 1. Estimulación de la temperatura en una incubadora modular de carga única, adaptada para poder aplicar el principio de incubación circadiana. Se aplicó un período de acondicionamiento térmico de tres horas, aumentando la temperatura desde 98° F a 106° F, durante tres horas en los días 16,5, 17,5 y 18,5. Las temperaturas de la cáscara se midieron automáticamente mediante termistores de contacto.

La mayoría de las investigaciones sobre las condiciones térmicas se han configurado bajo condiciones experimentales controladas, en incubadoras pequeñas. Nosotros, en colaboración con una planta comercial incubadora de broilers y el Centro de Investigación de la Universidad de Wageningen, hemos emprendido unas experiencias a escala comercial con cuatro manadas de 35, 42, 48 y 56 semanas respectivamente.

En cada experiencia se incubaron 308 huevos Ross, procedentes de tres proveedores diferentes, en una incubadora de carga única, adaptada para admitir el principio circadiano, con capacidad para 115.200 huevos de gallina. Para cada tanda de huevos se aplicó un período de acondicionamiento térmico de tres horas, aumentando las temperaturas establecidas de 36,7° C -98° F- a 38, 1 ° C -100,6 ° F-, durante tres horas, en los días 16,5, 17,5 y 18,5 en la incubadora. En los cuatro experimentos las temperaturas de la cáscara de los huevos aumentaron inmediatamente después de aumentar el punto de incubación. Al final del período de acondicionamiento térmico, el promedio de la temperatura de la cáscara del huevo fue de 39,8 a 40,1° C -103,6-104,2° F-. En cada día de la experiencia, las temperaturas de las cáscaras volvieron a la normalidad y se compararon con las temperaturas de las cáscaras de los huevos de la incubadora control 1,5 horas después de completar el período de termo-acondicionamiento, volviendo a la temperatura normal de incubación de 36,7° C. En cada tanda se comprobó una influencia positiva sobre los resultados de la incubación como consecuencia del acondicionamiento térmico. También se observó una tendencia positiva en el rendimiento del crecimiento, con de 1 a 2 puntos de mejora en la proporción del índice de conversión.

Futuros estudios mejorarán los protocolos para la práctica del acondicionamiento térmico para diferentes estirpes comerciales y edades de los reprtoductores. Por

Tabla 1. Influencia de la estimulación mediante la temperatura durante los últimos 4 días de incubación sobre la incubabilidad y el rendimiento posterior en broiler machos hasta 35 días (*)

Tratamientos en la incubación	Incubabilidad machos y hembras, % de huevos fértiles	Aumento de peso de los machos, g	Peso final de los machos, g	Índice de conversión
Control	94,6 b	62,2 b	2.270 b	1,50 b
Estimulación	97,0	64,6	2.336	1,47

(*) B. Tzschentke e I. Halle (Br. Poultry Sci., 50 : 634-640. 2009)

este motivo, nosotros hemos iniciado un proyecto de investigación conjunto con el Dr. B. Tzschentke, del Grupo de Trabajo de Adaptación Perinatal, del Instituto de Biología de la Universidad Humbold, de Berlín, y el Dr. Halle, del Instituto Federal de Investigación Friederich-Loeffler para la Salud Animal, de Braunschweig.

Sabemos sin embargo que el acondicionamiento térmico es solo beneficioso cuando se aplica de una forma clara y controlada, para un tiempo y duración específicos. Un programa de incubación circadiana sólo se puede aplicar, en la práctica comercial, si el sistema de incubación de carga única contiene secciones controladas individualmente para un estricto control del clima y poder así proporcionar una temperatura homogénea de la cáscara. El sistema tiene que estar provisto también de mecanismos de enfriamiento y calentamiento para proporcionar cortos estímulos de frío o calor, sumamente precisos, para que los embriones que se están incubando sean al nacer unos pollitos uniformemente robustos.

Si se usa correctamente, la incubación circadiana abre la puerta para que los directores de las plantas de incubación produzcas pollitos recién nacidos uniformes, muy robustos, que mejorarán los rendimientos a nivel de granja.

Conclusiones

El objetivo final del manejo de la incubación moderna es el de producir pollitos recién nacidos robustos y uniformes.

La robustez es un criterio de salud que se origina en la fase de vida embrionaria del pollo y está directamente relacionada con el rendimiento y la resistencia de cada individuo bajo diferentes condiciones de granja. La robustez requiere un desencadenante específico en la incubación durante los períodos conocidos como críticos, como por ejemplo estimulación por frío o por calor, para grabar fisiológicamente a los embriones de forma que los pollitos puedan crecer perfectamente en el ambiente de su granja.

A corto plazo, el acondicionamiento térmico usando la incubación circadiana mejora los resultados de la incubación y produce efectos de larga duración, con un 1-2% de aumento del peso corporal final y 1-2 puntos de mejora de los índices de conversión del pienso.

Los lotes de pollitos de un día robustos y uniformes mejoran la uniformidad al llegar a la edad del sacrificio, mejorando por tanto la eficacia y el rendimiento a lo largo de toda la cadena de producción.

Sin embargo, para apoyar el uso de la incubación circadiana, el avicultor tendría que llevar a cabo un cuidadoso control del clima, para promover una ajustada uniformidad de la temperatura.