

Data: Maio/2005

FUNDAMENTOS TÉCNICOS PARA UTILIZAÇÃO DE DIETAS PÓS-ECLOSÃO PARA FRANGOS DE CORTE.

Parte II

3- Fatores Pós-Eclosão e desempenho de frangos de Corte

Para compreendermos com clareza os mecanismos pelos quais é possível manipular as condições de nutrição e manejo de pintinhos, com o objetivo de melhorar o seu desempenho, devemos primeiramente entendermos como se desenvolve o corpo da ave (crescimento alométrico dos órgãos vitais, padrões de secreção de enzimas digestivas, mudanças no metabolismo, etc.).

MUDANÇAS NO TRATO GASTRO-INTESTINAL APÓS A ECLOSÃO

As enzimas digestivas já se encontram ativas no embrião, assim como mecanismos de absorção de nutrientes no intestino. Enzimas extracelulares, secretadas pela endoderme do saco vitelino, atuam sob o substrato, permitindo a absorção dos produtos da digestão, inclusive de macromoléculas. O conteúdo vitelino na eclosão representa aproximadamente 20% do peso do pintinho, e é constituído de aproximadamente 46% de água, 20% de proteína e 34% de lipídios. Em outras palavras, um pintinho de 40g de peso tem aproximadamente 8g de conteúdo vitelino sendo 2,72g de lipídios e 1,6g de proteínas (SKLAN & NOY, 2000).

O conteúdo vitelino no momento da eclosão é oriundo de porções remanescentes da gema e do albúmen. Este último flui para o saco vitelino no final da segunda semana de incubação quando ocorre rompimento da conexão sero-amniótica, sendo então quase que totalmente "ingerido" pelo embrião. Contudo uma parte do albúmen migra para dentro do saco vitelino aumentando o seu conteúdo proteico (VIEIRA, 2004).

Durante a incubação o conteúdo vitelino é utilizado pelo embrião, simultaneamente, por duas vias principais: Em uma das vias, o conteúdo vitelino é transferido sob a forma de lipoproteínas diretamente para a circulação embrionária por meio de processos de fagocitose ou endocitose.

Na outra via, o conteúdo vitelino é transportado para o intestino delgado, onde por mecanismos de antiperistaltismo da mucosa é conduzido a região proximal do intestino delgado, sofrendo ação de enzimas como a lipase, possibilitando assim sua digestão e conseqüente absorção pela mucosa intestinal (NOY & SKLAN, 1998). Cabe lembrar que a membrana do saco vitelino pode ser vista como uma extensão do intestino do embrião estando sujeito às contrações e movimentos do mesmo (VIEIRA, 2004).

Estão também presentes no intestino do embrião enzimas capazes de digerir proteínas como quimotripsina e carboxipeptidase A. A tripsina também está presente, todavia, com sua atividade inibida pela fração ovomucóide do albúmen, cujo significado evolutivo é a inibição da atividade de outras enzimas proteolíticas ativadas pela tripsina, que resultaria na degradação de IgA e IgG presentes no albúmen e importantes na imunidade passiva do pintinho nos dias que se sucedem a eclosão, período no qual seu sistema imunológico é imaturo (VIEIRA, 2004).

Cerca de 20% das proteínas do resíduo do saco vitelino são imunoglobulinas de origem materna (que não teriam condições de serem produzidas pelo embrião) que possuem alta diversidade. O uso desta fração protéica como fonte de aminoácidos para o metabolismo do embrião, privaria o neonato deste importante mecanismo de resposta imunológica na primeira semana de vida. Desta forma a utilização desta fração protéica nos casos de jejum, não deve ser interpretado como uma rota metabólica normal, mas sim como um mecanismo de sobrevivência do pintinho. Este desvio de função pode causar prejuízo ao desempenho potencial dos pintinhos.

Os 80% restantes das proteínas do resíduo vitelino são compostos de proteínas séricas, presentes na matriz no momento da formação da gema, e podem conter antígenos aos quais o pintinho poderá ser exposto no ambiente pós-eclosão. Durante as primeiras 48 horas, a utilização do saco vitelino por meio do sistema circulatório permanece funcional. Contudo, após este período, a transferência começa a reduzir-se, pela obstrução do pedúnculo vitelino por células linfóides que se completa aproximadamente 4 dias após a eclosão. (NOY & SKLAN, 1998).

Próximo a eclosão, aproximadamente entre o 19º e 20º dia o saco vitelino residual se internaliza na cavidade abdominal, e, ao nascimento, o intestino contém um material viscoso proveniente da gema (NOY & SKLAN, 1998).

Logo após a eclosão, os pintinhos já interagem fortemente com o ambiente procurando bicar e ingerir partículas o que leva à mudanças na estrutura morfo-fisiológicas do trato gastro-intestinal. Com a ingestão de alimentos, a maturação dos órgãos digestórios é acelerada assim como a utilização das reservas do saco vitelino, possivelmente devido ao aumento de intensidade de movimentos antiperistálticos no intestino.

Experimentos conduzidos com pintinhos mostraram que a remoção do saco vitelino provoca redução no desempenho das aves, demonstrando a importância da reserva do saco vitelino para os pintinhos logo após a eclosão (EDWARDS et al. 1962).

No período imediatamente após a eclosão, o peso do intestino do pintinho aumenta com maior velocidade do que o seu peso corporal como um todo. Este processo de rápido desenvolvimento atinge um pico máximo por volta de 6 a 8 dias para o intestino, entretanto, outros órgãos do sistema digestório como o pâncreas e moela não apresentam o mesmo ritmo de crescimento quanto ao seu peso relativo.

Estudos acerca do desenvolvimento da área e altura de vilosidades da mucosa intestinal, demonstram haver diferenças significativas entre diferentes porções do intestino. A maior velocidade de crescimento relativo da área e altura das vilosidades intestinais atinge um platô com 6 a 8 dias na porção do duodeno e com 10 dias nas porções do jejuno e do íleo (NOY & SKLAN, 1998).

A secreção de enzimas pancreáticas aumenta com a idade da ave e com o consumo de alimentos. Todavia, quando calculada a secreção de enzimas por grama de alimento ingerido, não há mudanças significativas para as enzimas amilase, tripsina e lipase entre 4 e 18 dias. Resultados semelhantes foram obtidos para as secreções de sais biliares e de ácidos graxos livres no duodeno. Entretanto a quantidade de nitrogênio secretada no intestino por grama de alimento ingerido é pequena logo após a eclosão e aumenta com a idade (NOY & SKLAN, 1998; NOY & SKLAN, 2000).

A alimentação de pintinhos estimula a secreção das enzimas pancreáticas (amilase, tripsina e lipase), e, a utilização de níveis adequados de sódio é essencial para os mecanismos de absorção de nutrientes (em especial glicose e aminoácidos) pela mucosa intestinal. (NOY & SKLAN, 2000)

A atividade das enzimas maltase, sucrase, alfa-glutamiltransferase e fosfatase alcalina, liberadas pelas células da membrana da "borda em escova" (microvilosidades da mucosa intestinal) aumentam com a idade, estando provavelmente este aumento da atividade correlacionado com o início da ingestão de alimentos (NOY & SKLAN, 1998).

A capacidade absorptiva da mucosa intestinal logo após a eclosão também tem sido objeto de estudos. Experimentos in vitro e in situ demonstraram que no pintinho, imediatamente após a eclosão, a absorção de metionina e de glicose possui limitações, apresentando aumento com a idade, particularmente no duodeno. Por outro lado, a capacidade absorptiva para ácidos graxos não apresentou mudanças com a idade, encontrando-se elevada imediatamente após a eclosão. SKLAN (2003), sugere que devido ao fato de no embrião existirem mecanismos ativos de digestão e absorção de gorduras provenientes do saco vitelino, na fase pós-eclosão estes mecanismos precisam de poucas adaptações ao novo substrato em que irão atuar (dieta). Por outro lado, a menor absorção de glicose se deve ao fato de que no conteúdo vitelino quase não há carboidratos. Há ainda baixa concentração de sódio no intestino (requerido para o bom funcionamento dos cotransportadores de Na-glicose) e inibição da absorção de compostos hidrofílicos (como a glicose) devido ao caráter hidrofóbico do conteúdo vitelino.

Estudos prévios sugerem que pintinhos possuem absorção subótima de lipídios da dieta (KROGDAHL, 1985). Todavia, a determinação da absorção de lipídios por meio de ensaios de metabolismo é complicada pela presença de conteúdo residual vitelino nas excretas, o que causa subestimação da digestibilidade das gorduras. POLIN & HUSSEIN (1982) entretanto, verificaram que a suplementação da dieta com sais biliares aumenta a digestibilidade de gorduras em pintinhos de 7 dias de idade. KROGDAHL (1985) observou que a secreção de sais biliares aumenta até o dia 21 após a eclosão quando então decresce. NOY & SKLAN (1995) observaram aumentos de 8 a 10 vezes na secreção de componentes da bile como sais biliares e ácidos graxos entre 4 e 21 dias de idade, sendo a maior parte dos ácidos graxos secretados na bile na forma de fosfolipídios.

A composição da fração lipídica da gema é de 65% de triacilgliceróis, 25% de fosfolipídios e 10% de ésteres de colesterol, sendo respectivamente os dois últimos importantes na formação de micelas de gordura no intestino auxiliando a digestão das mesmas, e, precursores da formação de sais biliares e hormônios.

Estudos recentes de SKLAN (2003) demonstraram no pintinho após a eclosão que a taxa de absorção de glicose para a circulação aumenta com a idade, enquanto a taxa de utilização da mesma para produção de energia permanece constante. Em contraste, a taxa de absorção de gorduras é alta à eclosão e permanece inalterada com a idade enquanto a utilização de ácidos graxos para produção de energia decresce com a idade.

O aparecimento na circulação de lipídios originados do saco vitelino ou do intestino, são altas e similares, apresentando inicialmente um aumento na sua taxa de utilização (clearance) e posteriormente um declínio constante.

A distribuição de lipídios marcados nas classes de lipídios e frações de lipoproteínas foi examinada, havendo poucas alterações nestes padrões com a idade. Todavia, lipídios marcados no resíduo vitelino foram preferencialmente encontrados na fração LDL (lipoproteínas de baixa densidade), o que corrobora observações anteriores de que significativa parte do conteúdo vitelino é transportada diretamente para a circulação. Lipoproteínas do embrião são sintetizadas, em parte, no epitélio endodermal da gema e parte das VLDL maternas presentes na gema são remodeladas nas células epiteliais endodérmicas.

A concentração de LDL e HDL decresce rapidamente em pintinhos até 5 dias após a eclosão. Assim, pode-se concluir que logo após a eclosão, as lipoproteínas de origem da gema ou de sua endoderme são responsáveis pela maior parte do transporte de lipídios na circulação. Todavia estas lipoproteínas são metabolizadas imediatamente após a eclosão e assim a concentração de LDL e HDL caem afetando o turnover de lipídios plasmáticos e conseqüentemente seu uso para produção de energia. O transporte de lipídios recém-absorvidos no intestino delgado ocorre geralmente pelo fígado, aonde os mesmos são reexportados em novas partículas de lipoproteínas sintetizadas neste local.

A velocidade com que os alimentos passam pelo trato gastro-intestinal (taxa de passagem) é também importante pois determina o tempo que os alimentos estarão expostos às enzimas digestivas e aos mecanismos de absorção dos nutrientes pela mucosa. Imediatamente após a eclosão e com a ingestão de alimentos, a taxa de passagem aumenta significativamente (VERGARA et al. 1989), decrescendo posteriormente entre os dias 4 e 10 após eclosão em aproximadamente 30%, embora o consumo de alimento aumente em até 3 vezes.

O decréscimo observado na taxa de passagem é mais acentuado no duodeno. Entre os dias 10 e 21, não se observa mudanças na taxa de passagem, embora o consumo de alimento continue a aumentar (NOY & SKLAN, 1995).

Todavia em estudos anteriores de SKLAN et al. (1975) observou-se taxas de passagem menores no intestino delgado entre 42 e 49 dias (taxa de 67 minutos por todo o intestino delgado) o que indica a possibilidade de haver mais redução na taxa de passagem entre 21 a 49 dias.

Estudos de NOY & SKLAN (1995) relataram que aos 4 dias em pintinhos recebendo uma dieta com 6% de gordura predominantemente insaturada, o coeficiente de digestibilidade da gordura foi acima de 85% aos 4 dias, com aumento leve até os 21 dias, indicando que quantidades suficientes de lipase e sais biliares estariam disponíveis já aos 4 dias de idade. O mesmo foi observado com a digestão de carboidratos, com valores de digestibilidade também em torno de 85%.

Já a digestibilidade da proteína aumentou de 78% e 80% (dias 4 e 7 respectivamente) para cerca de 90% aos 21 dias.

As reservas do saco vitelino são quase que totalmente esgotadas entre o terceiro e quarto dia após a eclosão. Porém, é suficiente para prover apenas 50% da energia e 43% da proteína no primeiro dia de vida sendo a utilização da gordura mais rápida que a da proteína (MURAKAMI et al. 1988, citada por VIEIRA, 2004). Assim percebe-se que a principal função das reservas vitelínicas é de auxílio na manutenção da vida da ave durante o período de transição para a sua independência durante os primeiros momentos de aprendizado na busca de alimentos.

No processo evolutivo, a natureza fez do ovo da galinha, um alimento rico em energia e aminoácidos essenciais, vitaminas e outros compostos nutricionalmente importantes. Em seres humanos, a absorção dos nutrientes do ovo cozido chega a 95%. Sua proteína é considerada proteína padrão de valor relativo 100 no índice denominado de NPU (net protein utilization), enquanto a proteína do peixe tem valor médio de 85, a do leite de vaca 75, a do arroz 57, a da farinha de trigo 52 e do feijão 47. Alguns inibidores de enzimas digestivas estão presentes no ovo e sua função será discutida posteriormente, mas resume-se a dificultar a digestão do mesmo por animais predadores na natureza, e para possibilitar a transferência de imunoglobulinas (proteínas) para o pintinho. Conhecer a composição nutricional do ovo permitirá fazer inferências e planejar possíveis manipulações da dieta de pintinhos visando a melhoria de sua performance.

Quadro 8 - COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DE UM OVO GRANDE CRU (Ovo com 50g de parte líquida, sendo 33,4 g de clara e 16,6g de gema)

Nutrientes	Ovo Inteiro	Clara	Gema
Água (g)	37,40	29,40	8,00
Energia (cal)	75	16	59
Proteínas (g)	6,25	3,50	2,75
Lipídios (g)	5,28	-	5,28
Carboidratos (g)	0,60	0,30	0,30
Cinzas (g)	0,47	0,20	0,27

Lipídios			
Ácidos Graxos (g)	Inteiro	Clara	Gema
Saturados - Total	1,550	-	1,586
Caprílico	0,002	-	0,002
Cáprico	0,002	-	0,002
Láurico	0,002	-	0,002
Mirístico	0,017	-	0,017
Palmítico	1,113	-	1,139
Estearico	0,392	-	0,401
Araquídico	0,020	-	0,020
Monoinsaturados Total	1,905	-	1,949
Miristoléico	0,005	-	0,005
Palmitoléico	0,149	-	0,152
Oléico	1,736	-	1,776
Eicosenóico	0,014	-	0,014
Erúcido	0,002	-	0,002
Polinsaturados Total	0,682	-	0,698
Linoléico	0,574	-	0,587
Linolênico	0,017	-	0,017
Araquidônico	0,071	-	0,073
Eicosapentaenóico	0,002	-	0,002
Decoexaenóico	0,018	-	0,019
Colesterol (mg)	213	-	213
Lecitina (g)	1,15	-	1,11
Cefalina (g)	0,230	-	0,219

Vitaminas	Inteiro	Clara	Gema
A (UI)	317	-	323
D (UI)	24,5	-	24,5
E (mg)	0,70	-	0,70
B12	0,50	0,07	0,52
Biotina (mcg)	9,98	2,34	7,58
Colina	215,06	0,42	215,97
Ácido Fólico (mg)	23	1	24
Inositol (mg)	5,39	1,38	3,95
Niacina (mg)	0,037	0,031	0,002
Ac. Pantotênico (B3) (mg)	0,627	0,031	0,002
Piridoxina (B6) (mg)	0,070	0,001	0,065
Riboflavina (B2) (mg)	0,254	0,151	0,106
Tiamina (B1) (mg)	0,031	0,002	0,28

Minerais (mg)	Inteiro	Clara	Gema
Cálcio	25	2	23
Cloro	87,10	60,0	27,1
Cobre	0,007	0,002	0,004
Iodo	0,024	0,001	0,022
Ferro	0,072/1,55	0,01/0,27	0,59/0,97
Magnésio	5	4	1

Manganês	0,012	0,001	0,012
Fósforo	89	4	81
Potássio	60	48	16
Sódio	63	55	7
Exofre	81	56	25
Zinco	0,55	-	0,52

Aminoácidos (g)	Inteiro	Clara	Gema
Alanina	0,348	0,203	0,143
Arginina	0,375	0,191	0,199
Ácido Aspártico	0,628	0,358	0,272
Cisteína	0,145	0,091	0,050
Ácido Glutâmico	0,816	0,467	0,353
Glicina	0,210	0,123	0,086
Histidina	0,148	0,079	0,072
Isoleucina	0,341	0,199	0,141
Leucina	0,534	0,296	0,244
Lisina	0,449	0,239	0,221
Metionina	0,195	0,121	0,069
Fenilalanina	0,332	0,205	0,119
Prolina	0,249	0,137	0,116
Serina	0,465	0,242	0,238
Treonina	0,300	0,160	0,148
Triptofano	0,076	0,043	0,033
Tirosina	0,255	0,137	0,124
Valina	0,381	0,224	0,155

A incubação de um ovo é de aproximadamente 21 dias. Neste período o embrião possui como única fonte de alimentos os constituintes do ovo. Pela composição do ovo podemos notar que a presença de carboidratos é praticamente nula. Todavia, alguns tecidos (cérebro, hemácias, medula renal, etc) apenas conseguem utilizar como fonte de carboidratos a glicose, salvo em condições especiais em que eventualmente poderiam usar corpos cetônicos como fonte de energia. Assim a gliconeogênese (formação de glicose a partir de outros compostos como aminoácidos) é um processo bastante ativo no embrião.

A utilização de aminoácidos para formação de glicose envolve sua transformação em compostos como piruvato e lactato que podem então ser convertidos em glicose. Especula-se que para poupar glicose para os tecidos que tem requerimento específico para este nutriente, o organismo use como "combustível", outros compostos como ácidos graxos e aminoácidos, sendo que estes últimos são ainda as unidades fundamentais para formação de proteínas.

A disponibilidade de glicose é especialmente importante no imediato momento que precede a eclosão quando ocorre transição da respiração córion-alantóica para a completa dependência da respiração pulmonar (WHITE, 1974, citado por VIEIRA, 2004).

Com o início da respiração pulmonar e a eclosão a demanda por glicose aumenta no organismo. O principal órgão produtor de glicose pela via da gliconeogênese é o fígado (90% do total) e as reservas de glicose se esgotariam rapidamente caso mecanismos de gliconeogênese não estivessem ativos. Períodos prolongados de jejum, em que carboidratos não estejam disponíveis aos pintinhos, aumentam a demanda por gliconeogênese de origem protéica (formação de glicose com utilização de aminoácidos como substrato), utilização de gordura como fonte de energia, com respectivo aumento da concentração plasmática de corpos cetônicos, além de reduzir a quantidade de água metabólica, importante para a rehidratação da ave (BEST, 1996 e HAMMOND, 1944, citados por VIEIRA, 2004).

O alojamento dos pintinhos com acesso a água e alimento deve ser o mais rápido possível, respeitando o tempo necessário mínimo no nascedouro. A perda de peso e desidratação ocasionada por um jejum, ainda que mínima, pode causar aumento na mortalidade, retardo no desenvolvimento da mucosa intestinal, ocasionando assim menor eficiência na digestão e absorção de nutrientes.

Recomendações antigas de manejo citavam o jejum como uma prática para melhora do desempenho, pois favoreceria uma reabsorção mais rápida do saco vitelino residual. Tal prática se provou inadequada uma vez que tem sido amplamente demonstrado que é a ingestão de alimentos exógenos que acelera a utilização do saco vitelino residual.

Normalmente, os pintinhos chegam às granjas 24 a 36 horas após a eclosão, tempo este gasto com procedimentos de sexagem, vacinação, transporte, etc.

Durante este tempo os pintinhos perdem peso pelo uso de nutrientes do saco vitelino, pelas excreções digestivas e renais, e pela desidratação. NOY & SKLAN (1997) citados por CONY & ZOCCHÉ, indicaram que o aumento de peso nos pintinhos só ocorre após 36 a 48 horas após terem acesso à dieta. O início do crescimento pode ser antecipado pela precocidade do acesso à dieta. O benefício desta antecipação de consumo mostra-se mais pronunciado no peso aos 7 e 10 dias de idade, sendo que a vantagem obtida mantém-se até o abate.

Dietas específicas tem sido desenvolvidas para uso em situações antes praticamente dsconsideradas pela comunidade científica. Por exemplo, a nutrição in ovo, e a nutrição ainda no incubatório, por meio de dietas especiais. O objetivo destas dietas é tornar a transição da vida pré-eclosão para a pós-eclosão mais suave, evitando grandes "saltos" na mudança do metabolismo que irá ocorrer. O eventual uso de probióticos para garantir a primeira colonização do trato digestório, uso de sais de sódio para suprir a deficiência da gema neste ingrediente e o uso de sais biliares para possibilitar uma melhor utilização da gordura da dieta, tem sido testados obtendo resultados promissores.

Em geral, a completa adaptação do trato digestivo e do metabolismo do pintinho para uso de uma dieta rica em carboidratos e relativamente pobre em gordura em substituição à utilização do resíduo do saco vitelino, dura entre 3 a 4 dias. O trato digestivo do pintinho no imediato momento pré-eclosão tem disponível apenas o resíduo do saco vitelino para efetuar os processos de digestão e absorção.

Este substrato é rico em gorduras e proteínas e quase ausente de carboidratos, portanto com uma característica hidrofóbica muito elevada. A alimentação no momento pós-eclosão por ser rica em carboidratos, além de possuir uma característica pouco hidrofóbica, necessita de enzimas digestivas antes desnecessárias como amilase, maltase, etc.

MAXIMIZAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO MUSCULAR POR MEIO DE DIETAS PÓS-ECLOSÃO

A formação da fibra muscular esquelética é tida como finalizada com a eclosão nas aves, não sendo possível, sob condições normais, e após este momento conseguir aumento do número de fibras musculares por meio de mitose das miofibrilas. Todavia, observa-se aumento significativo de DNA muscular durante o crescimento pós-eclosão das aves, sendo este processo essencial para a hipertrofia muscular. O aumento do DNA muscular é ocasionado devido á atividade das células satélites (precursores miogênicos presentes na musculatura esquelética), que iniciam seu desenvolvimento durante a última fase embrionária, sendo capazes de se proliferar, diferenciar e juntar-se às fibras já existentes, ou fundirem-se com outras, formando novas fibras. No momento da eclosão, há um elevado número de células satélites, que com o início do crescimento decrescem, permanecendo em repouso, sendo reativadas somente em caso de lesão muscular (SCHULTZ et al., 1978 e MAURO, 1961, citados por ARAÚJO, 2004).

No momento imediatamente após a eclosão, há ainda grande quantidade destas células, cujos núcleos respondem por todos aqueles incorporados em fibras musculares normais após o nascimento. Cada DNA nas células musculares multinucleadas controla o volume de citoplasma imediatamente circundante por meio de RNAm. Assim a taxa de crescimento muscular (hipertrofia) depende da agregação de novos núcleos às fibras musculares. Disponibilizar alimentos após a eclosão dos pintinhos é condição primordial para estímulo à proliferação de células satélites e sua incorporação às fibras musculares, propiciando máximo crescimento muscular.(MOSS & LEBLOND, 1971, HALEVY et al, 2000. citados por VIEIRA, 2004). Conseqüentemente, períodos de jejum prolongados que causassem "morte" de células musculares (apoptose), trariam danos irreparáveis ao desenvolvimento muscular das aves, afetando-lhes a qualidade da carcaça ao abate.

DIETAS PÓS-ECLOSÃO E DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA IMUNE

A seleção genética das aves com o objetivo de aumentar a velocidade de crescimento teve um impacto negativo sobre sua imunocompetência. Houve redução na capacidade de produção de anticorpos, tornando-as menos resistentes a agentes patogênicos (BIGOT et al. 2001, citados por ARAÚJO, 2004)(Quadro 9).

Quadro 9 – Títulos de anticorpos de duas linhagens de frangos de corte de acordo com seu potencial genético.

Linhagem	Dias PPI		Dias PSI		
	5	10	5	10	
Ac Totais	1957	2,37 a	2,00 a	4,46 a	2,29 a
	2001	1,84 a	0,59 b	3,87 b	1,43 b
IgM	1957	2,06 a	1,87 a	3,62 a	1,11 a
	2001	1,71 a	0,46 b	2,87 b	0,90 a
IgG	1957	0,31 a	0,12 a	0,84 a	1,18 a
	2001	0,12 a	0,12 a	1,00 a	0,53 b

Adaptado de CHEEMA et al (2003), citados por ARAÚJO (2004)

Por outro lado houve um aumento nas respostas inflamatórias mediadas por células (aumento na produção de linfócitos e macrófagos) consumindo nutrientes e ocasionando redução no consumo de ração (Quadro 10).

Quadro 10 – Proliferação de linfócitos e atividade dos macrófagos de duas linhagens de frangos de corte de acordo com o seu potencial genético.

Linhagem	Experimento 1		Experimento 2	
	24 h	48 h	24 h	48h
Linfócitos	1957	0,43 b	0,23 b	0,20 b
	2001	0,60 a	0,36 a	0,78 a
Macrófagos	Nº AEC		Fagocitose (%)	SRBC/Nº Macrof.
	1957	6,09 b	31,07 a	1,87 b
	2001	8,73 a	32,60 a	2,07 a

Adaptado de CHEEMA et al (2003), citados por ARAÚJO (2004)

Com a seleção genética houve ainda diminuição do peso relativo de órgãos linfóides, embora os pesos absolutos destes tenham aumentado em função do aumento no peso médio das aves (Quadro 11).

Quadro 11 –Peso corporal e sua relação com os órgãos linfóides de duas linhagens de frangos de corte de acordo com o seu potencial genético.

Linhagem	Peso corporal (g)	Timo (%)	Bursa (%)	Baço (%)	Tonsilas (%)
1957	201 b	0,30 a	0,46 a	0,18 a	0,04 a
2001	693 a	0,24 a	0,29 b	0,12 b	0,03 b

Adaptado de CHEEMA et al (2003), citados por ARAÚJO (2004)

A capacidade das aves em lidar com situações de estresse também foi alterada, em especial nas respostas moduladas ou reguladas por hormônios. Ainda, as aves têm sido criadas sob densidades cada vez mais elevadas, submetidas a pressões microbianas maiores, apesar do maior controle sanitário empregado nas granjas modernas.

O sistema imunológico da ave inicia seu desenvolvimento na fase embrionária e encontra-se parcialmente desenvolvido no momento da eclosão. Os órgãos primários do sistema imune (timo e bursa) estão presentes e com tecido linfóide ativo. A migração dos linfócitos para o timo ocorre em ondas, com início no sexto dia de incubação. Passam pelo timo e então povoam tecidos periféricos.

A proliferação de linfócitos na bursa ocorre entre o décimo e décimo quinto dia da fase embrionária. Estas células são células B diferenciadas, capazes de expressar IgM apenas no momento da eclosão.

Os órgãos imunológicos secundários como o baço, tonsilas cecais, divertículo de Meckel's, glândula de Harder e tecido linfóide difuso do intestino e do sistema respiratório, são imaturos à eclosão. No momento da eclosão, há nas tonsilas a presença de células B, todavia estas expressam apenas IgM. Na lâmina própria e epitélio intestinal, assim como em outros órgãos secundários do sistema imune há a presença de células T, porém imaturas, sem capacidade citotóxica ou de combate a antígenos até alguns dias após a eclosão. A habilidade de gerar uma resposta imune secundária (indicada pela presença de centros germinais, ou, de circulação de IgG e IgA) começa a se manifestar apenas entre 1 e 4 semanas após a eclosão.

A remoção do timo em neonatos não causa prejuízos severos às respostas mediadas por células, ou ao desenvolvimento da diversidade de células T, indicando já um alto grau de desenvolvimento durante a embriogênese. Por outro lado a remoção da Bursa no 18º dia de incubação, pode resultar em perda total de IgG e IgA, resultando apenas em respostas primárias de IgM de diversidade muito limitada como única capacidade de imunidade humoral.

Em pintinhos, no momento da eclosão, a imunoglobulina predominante na bursa é a IgM. Os linfócitos carreadores de IgM são os precursores de células produtoras de IgA e IgG. O IgG presente na Bursa no momento da eclosão se localiza no tecido conectivo interfolicular, mais especificamente nos vasos sanguíneos, e tem sua origem na produção materna depositada no conteúdo vitelino. Assim, o pintinho ao nascer, não possui capacidade de produção de IgG, e é totalmente dependente dos anticorpos maternos para proteção humoral. A IgA por sua vez não se encontra presente na Bursa, pois o pintinho é incapaz de produzi-la. Observações semelhantes são encontradas nas tonsilas cecais e outros órgãos secundários do sistema imune. Assim pode-se concluir que o sistema imune do pintinho à eclosão consiste na produção de IgM e dos estoques de IgG materno armazenados.

Privar o pintinho de alimentação logo após a eclosão ocasiona redução no peso da Bursa, mais acentuada que a própria perda de massa corporal. O fornecimento de alimento no 3º dia pós-eclosão não corrige esta perda, persistindo a Bursa com menor tamanho pelo menos até os 21 dias de idade. A perda de peso relativo da Bursa associada ao jejum pode estar relacionada ao aumento de glicocorticóides que estão associados a involução de órgãos linfóides, ou ainda à baixa disponibilidade de substratos ou de presença de antígenos no organismo.

O desenvolvimento de órgãos do sistema digestório de pintinhos após a eclosão sofreu forte influência dos processos de seleção. Alta prioridade deve ser dada aos sistemas digestivos, circulatório e respiratório, todavia hipotetiza-se que a partição de nutrientes para desenvolvimento dos órgãos e tecidos relacionados à resposta imune, tenha sido prejudicada.

O desenvolvimento de órgãos secundários do sistema imune como baço, tonsilas cecais e glândula de Harder são claramente dependentes da Bursa e do Timo, mas, a exposição a antígenos é também fator importante. Pintinhos Germ-Free (livre de patógenos) apresentam tonsilas cecais pequenas, destituídas de centros germinativos, e apenas com 4 semanas, alguns poucos centros germinativos se mostram presente.

A ingestão de ração por si só já é considerada uma exposição à antígenos, além de ser fonte de nutriente e evitar a depressão do sistema imune como acontece nos casos de jejum. DIBNER et al. (1998) demonstraram que pintinhos alimentados com um suplemento nutricional hidratado apresentaram alta proliferação de linfócitos na Bursa 3 dias após a eclosão. Ao contrário, pintinhos mantidos em jejum apresentaram ausência de linfócitos, demonstrando que o conteúdo residual do saco vitelino presente no pintinho após a eclosão não serve como substituto à alimentação exógena.

O aparecimento de IgA (a última dos principais isotipos de Imunoglobulinas) é considerado um sinal de que o sistema humoral esteja plenamente desenvolvido. A presença desta imunoglobulina na secreção biliar de pintinhos que receberam suplemento alimentar hidratado por três dias após a eclosão aumentou mais rapidamente quando comparado a pintinhos submetidos a jejum por 3 dias.

A presença de centros germinativos é outro sinal da imunocompetência das aves. Nestes locais há presença significativa de linfócitos T e B, e células receptoras de antígenos, importantes no desenvolvimento de uma memória do sistema imune, como por exemplo aquela requerida nas respostas vacinais. Estes centros germinativos nas tonsilas cecais já estavam presentes no oitavo dia após eclosão em pintinhos que receberam o suplemento alimentar por três dias, comparados a pintinhos submetidos a jejum, onde os centros só surgiram após 15 dias.

No mesmo estudo foi realizado ainda um desafio por coccidiose às aves. Aves desafiadas por coccidiose apresentaram menor ganho de peso e eficiência alimentar que aves não desafiadas. Por sua vez, aves que sofreram jejum de 3 dias logo após a eclosão apresentaram também menor ganho de peso e eficiência alimentar que aves que receberam suplemento alimentar hidratado.

Os mesmos autores citam que há 3 maneiras principais pelas quais a alimentação neonatal pode influenciar a imunidade das aves. Primeiramente como fornecedora de substrato aos tecidos, órgãos, células especializadas, etc. do sistema imune, segundo por meio de substâncias imunomoduladoras presentes no alimento como ácidos graxos específicos como araquidônico, docohexanóico (DHA) e eicosanóico (EPA), e por fim, sendo veículo de antígenos que irão estimular o aparecimento de isotipos específicos de imunoglobulinas. KLASING (1998) afirma que a deficiência de micronutrientes específicos pode ser tão ou mais danosa que a de macronutrientes no desenvolvimento do sistema imune. As vitaminas A e D atuam, por exemplo, nos processos de diferenciação das células precursoras do sistema imune. Deficiência de vitamina A na dieta resulta em

aves com menor resistência aos desafios infecciosos. As exigências estimadas de vitamina A para máximo ganho de peso e para máxima imunocompetência das aves diferem em cerca de 10 a 20 vezes (FRIEDMAN & SKLAN, 1997, citados por ARAÚJO, 2004).

▣

André Viana Coelho de Souza