

鶏胚の発育過程における血清リポタンパク質に 関する研究

七條喜一郎*・川井由賀里*・大坪多佳子*

豊澤敬一郎*・鈴木 實*

(昭和63年5月31日受付)

Studies of Serum Lipoproteins in Growing Chick Embryos

Kiitirou SITIZYO*, Yukari KAWAI*, Takako OHTUBO*,
Keiichiro TOYOSAWA* and Minoru SUZUKI*

In this study, changes of concentration of serum lipid and lipoprotein in chick embryos were examined. Embryos were taken from incubated eggs of 7, 10, 15, 17, and 20 days of age.

A. Serum lipoprotein

α -Lipoprotein of 7 day old chick embryos were separated in albumin fraction by cellulose acetate electrophoresis. α -lipoproteins of embryos after 15 days incubation were separated in pre-albumin and α -globulin fraction. The concentration of serum α -lipoprotein slightly increased with incubation time.

B. Serum lipid

The amount of total lipids, phospholipids and cholesterol of serum increased markedly with incubation time. There was no significant change of triglyceride.

C. Relation between pre-albumin and α -lipoprotein

Pre-albumin and α -lipoproteins must be identical proteins. There was a close relation between concentrations of pre-albumin and lipids in α -lipoprotein. The electrophoretic mobility of α -lipoprotein had a strong correlation with phospholipid and cholesterol in α -lipoprotein. It was difficult to find a positive relation between triglyceride and electrophoretic mobility of α -lipoprotein.

緒 論

Cellulose Acetate膜電気泳動法 (CA膜法) で鶏胚の血清タンパク質を分画すると, Albumin (Alb) より易動度

の速い特異なタンパク質成分がみられる¹⁾²⁾。従来, この成分はAlbの陽極側に分画されることから, Pre-albumin (Pre-alb) と呼称されてきた³⁾¹³⁾¹⁴⁾。しかし, MARSHALLと DEUTSCH⁴⁾は鶏胚血清のPre-albに磷脂質が多量に含まれ

* 鳥取大学農学部獣医学科家畜生理学教室

* Department of Veterinary Physiology, Faculty of Agriculture, Tottori University

ると報告し、また、石原²⁾は初生ヒナ血清の α -リポタンパク質 (α -LP) がAlb分画を中心にして、その前後に分画されると述べた。したがって、これらの報告から推測すると、初生ヒナおよび胚子血清タンパク質分画像にみられるPre-albはリポタンパク質であろうと考えられる。しかし、Pre-albと α -LPとの関係は明確にされていない。また、初生ヒナ血清の β -globulin (β -glob) 位置に胚子期特有のタンパク成分が存在するとの報告があり、¹⁶⁾この成分もリポタンパク質であろうと考えられる。

そこで、本実験では鶏胚血清のPre-albが α -LPであることを明らかにする目的で血清リポタンパク質の変動を日齢を追って検索し、血清タンパク質分画像とリポタンパク質の関係を検討した。また、鶏胚血清の脂質成分の変動についても検索し、 α -LPの脂質濃度とPre-albとの関連性を検討した。

実験材料および方法

実験には白色レグホン種の7, 10, 15, 17, 20日胚および初生ヒナ(孵化1日齢)をそれぞれ10例ずつ供試した。また、成鶏(150日齢, 雄)5例を供試して、胚子血清と成鶏血清のタンパク質, リポタンパク質および脂質組成を比較した。

7~17日胚からの採血は前報¹²⁾と同じ方法で毛細ガラス管を心臓に穿刺して行った。また、20日胚および初生ヒナからの採血は注射器を用いて心臓から行い、成鶏は尺側皮静脈から採血した。

血清総脂質(TL)量の測定はSulfo-Phospho-Vanillin法で行い、中性脂肪(TG), 総コレステロール(TC), 燐脂質(PL)は酵素法(和光純薬KKのTriglyceride C-II test, Cholesterol C-II test, Phospholipid B-test)で測定した。

血清タンパク質の分画測定はCA膜法とAgarose-gel電気泳動法(AG法)で行った。CA膜法は前報¹²⁾と同じ泳動条件で泳動し、オゾン化Schiff法で染色した。

AG法による測定はGel Bond film(FMC corporation)上に、厚さ0.38mmの1% Agarose-gelを作り、これを支持体とした。泳動は90Vで2時間行い、乾燥後Fat Red 7 Bで染色した。分画比の測定は α -LPと β -LP部分を切り取り、0.01NのNaOHで色素を溶出して、その吸光度から分画比を算出した。また、 α -LPと β -LPの脂質濃度は分画比にTL量を乗じて算出した。

α -LPおよび β -LPのTG, TC, PL量の測定は、AG法で泳動したGelの α -LPと β -LP部分を切り取り、蒸留水1mlを加えて加熱溶解した後、血清脂質のTG, TC, PLと

同じ方法で比色測定した。

実験成績

A 鶏胚の発育に伴うリポタンパク質および血清脂質の変動

1) 血清リポタンパク質

CA膜法でヒナおよび胚子血清を分画し、タンパク質染色とリポタンパク質染色を行い、その分画像を比較した。

7日胚の α -LPはAlbを中心にして、その前後に幅広い分画帯を示した。また、 β -LPは α_2 -glob位置から β -glob領域にかけて分画される成分(β_1 -LPと仮称)と β_2 -glob位置に細い明瞭な分画帯を形成する成分(β_2 -LPと仮称)がみられた。胚子の発育に伴って α -LPはAlbの陽極側すなわちPre-alb位置に分画されるようになり、このPre-alb位置成分を α -LP1と仮称した(Fig. 1. B)。しかし、Albから α -glob領域にかけて、もう一つのリポタンパク成分(α -LP2と仮称)がみられる例もあった(Fig. 1. A)。

そこで、各日齢における α -LP1と α -LP2の日齢別出現頻度をみると、7日胚と10日胚ではほとんどの血清に α -LP1と α -LP2の2つの成分がみられた。しかし、15日胚以降になると α -LP1だけがみられる例と、両者がみられる例の比率がほぼ1:1になった。

β -LP分画像には胚子の発育に伴う著明な変化がみられず、初生ヒナにおいても7日胚と同様な β_1 -LPと β_2 -LPがみられた。また、初生ヒナおよび胚子血清の β_2 -LPはタンパク質分画像でみられる β_2 -globの細い明瞭な分画帯に一致するものであった。

胚子の発育に伴うリポタンパク分画比の変動をTable 1に示した。なお分画比の算定に当たっては、 α -LP1と α -LP2を合わせて α -LPとし、 β_1 -LPと β_2 -LPを合わせて β -

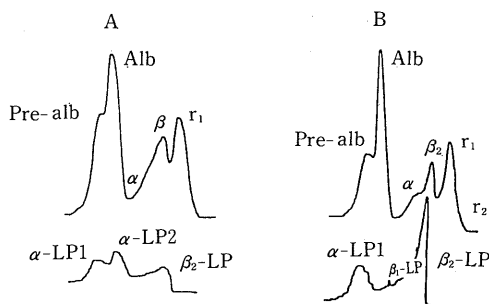


Fig. 1 Electrophoretic patterns of serum proteins and lipoproteins in 20 day old embryos.

Table 1. Changes of concentration of serum lipoproteins in embryos and chicks

age (days)	(%)		(mg/dl)	
	α -LP	β -LP	α -LP	β -LP
embryos				
7	28.0 ± 5.8	71.8 ± 5.9	172.4 ± 46.4	466.3 ± 177.6
10	32.1 ± 5.4	67.8 ± 5.4	185.7 ± 44.2	408.0 ± 140.3
15	20.4** ± 5.8	79.4** ± 5.8	185.5 ± 67.7	725.2** ± 163.4
17	38.0** ± 2.9	61.8** ± 2.9	468.0** ± 82.5	775.2** ± 216.3
20	37.9** ± 4.9	61.9** ± 4.9	511.3** ± 188.8	854.4* ± 372.2
chicks				
1	45.7** ± 6.1	54.1** ± 6.1	422.2** ± 72.9	514.7 ± 169.0

The asterisk shows a significant difference from 7 day old embryos (* < 0.05, ** < 0.01). n=10 Mean±SD

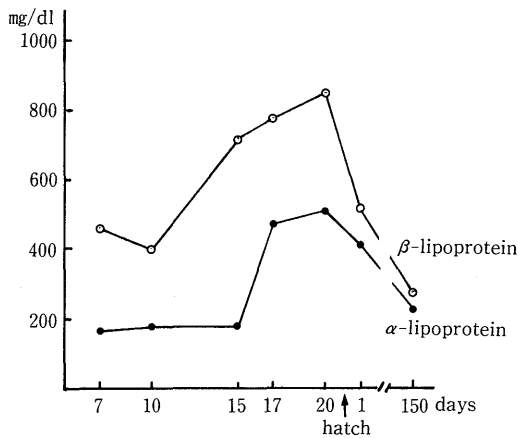


Fig. 2 Changes of concentration of total lipids of α - and β -lipoproteins.

LPとした。 α -LP比は15日胚で一過性に減少し、 β -LP比が増加する傾向にあった。しかし、その変動は統計的に有意なものでなく、7日胚以降、胚子の発育に伴って α -LP比が減少し、 β -LP比が増加した。

この分画比の変動を α -LPと β -LP分画の脂質濃度で見ると、 α -LPのTL量は7日胚から15日胚までほとんど変動せず、15~17日胚に急速に増加した後、20日胚まで更に増加し、初生ヒナで減少した (Fig. 2)。15日胚から20日胚にかけての α -LPの増加は後述するように、血清タンパク質分画像にみられるPre-albの推移に一致するものであった。

β -LPは α -LPよりも早期に増加しはじめ、10から20日胚にかけて急速に増加し、フ化1日齢で減少した。

2) 血清脂質

7日胚の血清TL量は成鶏のそれより高い値を示し、平均639.4g/dlであり、10日胚においてもほぼ同様の値であった (Table 2, Fig. 3)。その後、TL量は胚子の発育に伴って20日胚まで漸増し、初生ヒナでは減少した。しかし、この初生ヒナのTL量は成鶏のそれに比べて約2倍の値であった。

血清TL量の変動を各脂質成分ごとにみると、Fig. 3の棒グラフに示したように、7~17日胚にかけてTG、TC、PLのいずれの成分とも漸増していた。その後、17日胚から初生ヒナにかけてTGが著明に減少し、PLも減少する傾向にあった。しかし、TCには明らかな減少がみられな

Table 2. Changes of concentration of serum lipids in embryos and chicks (mg/dl)

age (days)	TL	TG	TC	PL
embryos				
7	639.4 ± 217.5	249.3 ± 29.4	162.1 ± 28.4	225.8 ± 74.5
10	594.4 ± 173.7	408.3** ± 97.2	172.5 ± 26.9	245.2 ± 49.2
15	911.7** ± 194.8	388.1* ± 165.1	275.1** ± 69.8	301.9* ± 65.3
17	1244.5** ± 294.6	546.0** ± 142.3	277.7** ± 44.6	387.5** ± 130.7
20	1367.1** ± 547.5	344.9 ± 152.9	362.3** ± 74.3	349.2** ± 71.2
chicks				
1	938.0** ± 205.4	231.2 ± 46.7	316.0** ± 79.5	286.8* ± 30.2

The asterisk shows a significant difference from 7 day old embryos (* < 0.05, ** < 0.01). n=10 Mean±SD

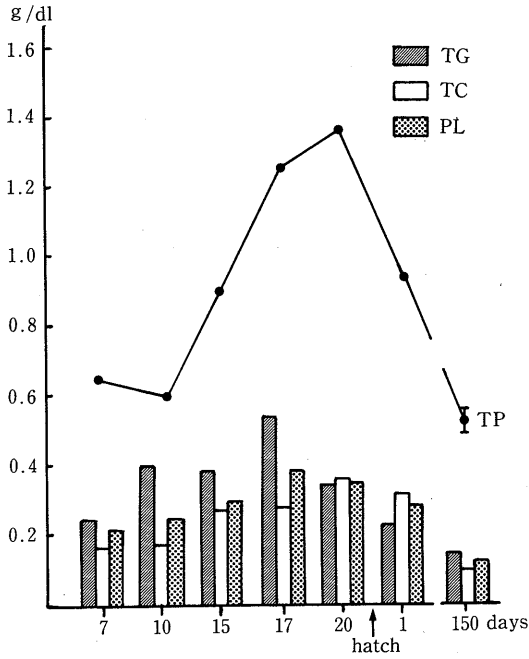


Fig. 3 Concentration of serum lipids in embryos and chicks.

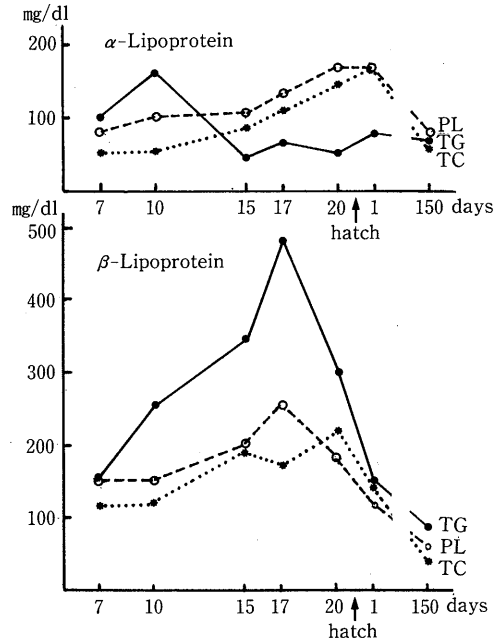


Fig. 4 Changes of concentration of lipids in α - and β -lipoproteins.

Table 3. Concentration of lipids of lipoprotein in embryos and chicks (mg/dl)

age (days)	TG		TC		PL	
	α -LP	β -LP	α -LP	β -LP	α -LP	β -LP
embryos						
7	97.7 ±12.3	151.2 ± 26.6	46.7 ±13.5	115.1 ± 23.4	75.4 ± 36.9	150.0 ± 41.5
10	156.7** ± 25.2	251.1** ± 80.5	51.9 ±12.4	120.3 ± 29.7	98.2 ± 17.1	146.6 ± 36.0
15	42.3** ±20.4	345.5** ±170.4	82.0** ±28.3	192.7** ± 56.5	106.1* ± 24.0	195.4* ± 44.9
17	66.0** ±20.9	479.3** ±129.0	107.3** ± 23.3	170.0** ± 28.2	135.6** ± 33.2	251.2* ±101.7
20	46.4** ±21.8	298.0* ±141.9	144.0** ± 27.7	217.8** ± 80.1	167.1** ± 25.9	181.6 ± 56.2
chicks						
1	80.9* ±13.8	149.9 ± 41.0	173.8** ± 42.3	141.7 ± 38.3	171.9** ± 20.6	114.5* ± 14.8

The asterisk shows a significant difference from 7 day old embryos (* < 0.05, ** < 0.01). n=10 Mean±SD

った。

次に、この血清脂質の変動を α -LPと β -LPの脂質に分けて計測すると、血清TG量の増加時期(7~17日胚)には、 β -LPのTGが増加しており、 α -LPのそれにはほとんど変化がみられなかった(Fig. 4, Table 3)。また、血清TGが減少した時期(20日胚, 初生ヒナ)には β -LPのTGが減少し、 α -LPのTGに変化がなかった。

一方、血清PLおよびTC量には α -LPおよび β -LPのそれらが相互に関与していた。すなわち、血清PLが増加した7~17日胚では β -LPのPL量が増加すると共に、 α -LPのそれも増加していた(Fig. 4)。しかし、17日から初生ヒナにかけての血清PLの減少は急速な β -LPのPL減少によるものであり、この期間 α -LPのPLは増加していた。血清TC量が7~20日胚で漸増したが、この増加は α -LPと β -LPの両TC量が増加したものであった。

B 鶏胚の血清Pre-albと α -LPとの関連性

前述のように、胚子血清の α -LPは血清タンパク質分画像のPre-alb位置に分画される。したがって、血清タンパク質分画像でみられるPre-albは α -LPであろうと考えられる。そこで、Pre-albと α -LPとの関係を明確にするために、胚子の発育過程におけるPre-albと α -LPの増加率を比較検討した。また、17日胚および初生ヒナそれぞれ9例のPre-alb量と α -LPの各脂質成分量との相関性についても検討した。

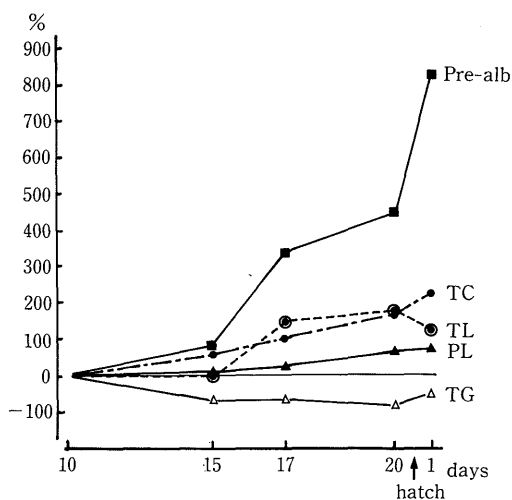


Fig. 5 Rate of increase of pre-albumin and α -lipoprotein lipids in embryos.

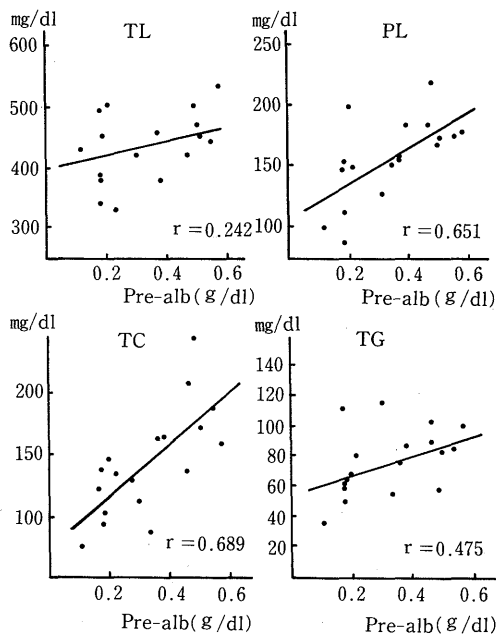


Fig. 6 Correlation of serum lipids with concentration of pre-albumin.

Fig. 5は10日胚以降のPre-albと α -LPの各脂質成分の変動を増加率で示したものである。Pre-albは胚子の発育に伴って増加し、15日胚では10日胚に比べて84%、17日胚では340%、20日胚では450%、初生ヒナでは837%の増加を示した。一方、 α -LPのTL量は15日胚でほとんど変動を示さず、17日胚で152%増加し、その後は大きな変動を示さなかった。

次に、 α -LPの脂質変動をTG、TCおよびPLに分けて検索すると、TG量は15日胚で10日胚のそれよりも約70%減少し、以後この値で推移した。しかし、TCおよびPLは胚子の発育に伴って漸増し、初生ヒナのTC量は10日胚の337%、PLは75%の増加であった。

Fig. 6は17日胚および初生ヒナ血清のPre-albと α -LPの各脂質成分量の相関を示したものである。TLおよびTG量とPre-albとの間には明らかな相関がみられないが、TCおよびPL量とPre-albには有意な相関がみられた。

考 察

A 血清リポタンパク質

鶏胚の組織や血清の脂質成分に関する研究は古くから行われてきたが、^{5,6,7,8} 胚子一固体からの血清採取量が極め

て少ないため、胚子の成長に伴う血清リポタンパク質の変動を日齢を追って検索した報告は少ない^{10,11)}

SCHJEIDE¹⁰⁾は超遠心法で鶏胚の血清リポタンパク質を分析し、分画 I a ($d < 1.00$), I b ($1.00 < d < 1.07$) および分画 II ($1.07 < d < 1.21$) の 3 成分に分離した。また、石原²⁾は各種日齢のニワトリ血清を超遠心法と CA 膜法で分析し、CA 膜法で、初生ヒナ血清のリポタンパク質は Alb + α -glob, $\alpha + \beta$ -glob, β -glob 位置の 3 成分に分離し、超遠心法では Chylomicron, Low Density Lipoprotein (LDL) ($1.006 < d < 1.019$, $1.019 < d < 1.063$), High Density Lipoprotein (HDL) ($1.063 < d < 1.210$, $1.210 < d$) に分画した。また、この HDL ($1.210 < d$) は CA 膜法の α -glob 位置に、LDL は β_1 から β_2 -glob 位置にそれぞれ分画されると述べた。

本実験における 7 日胚のリポタンパク質は Alb を中心にして、その前後に幅広く α -LP が分画され、胚子が発育するに伴って α -LP の分画位置が陽極側へ偏位した。15 日以降の胚子および初生ヒナでは Pre-alb 位置と α -glob 位置にリポタンパク質 (α -LP1, α -LP2) がみられ、 α -LP1 がフ卵日数に伴って増加した。

この α -LP1 と α -LP2 はフ卵期間中の推移から推測すると本質的には両者とも同質の α -LP であるが、胚子の発育過程において何らかの変化がおり、フ卵後期からフ化当日のヒナ血清では、その易動度が変化するものと考えられる。

鶏胚の発育に伴って α -LP の易動度が変動する原因については不明であるが、後述するように卵黄由来の脂質がその易動度に関与しているものと推測される。

また、本実験において α -LP1 および α -LP2 が血清タンパク質分画像の Pre-alb および α -glob 位置に分画されたことから考えると、前報¹²⁾で述べた胚子ならびに初生ヒナ血清のタンパク質分画像にみられた特異的な Pre-alb および α_1 -glob 位置成分はいずれも α -LP であると思われる。

鶏胚の β -LP 分画は α_2 -glob から β_1 -glob にかけて広く分画される成分 (β_1 -LP) と β_2 -glob 位置に細く明瞭に染色される成分 (β_2 -LP) がある。このうち β_2 -LP は血清タンパク質分画像でみられる胚子および初生ヒナ特有の β_2 -glob に一致する成分であり、超遠心法分析における LDL ($1.006 < d < 1.063$) であることが知られている²⁾ また、この成分は卵黄リポタンパク質および産卵鶏の β -LP と共通の抗原性を持つことが知られている²⁾ したがって、初生ヒナの β_2 -LP は母鶏のリポタンパクが卵黄に蓄積され、それを胚子が吸収するために胚子血清中に見出されるものと推測される。しかし、この β_2 -LP が母鶏から胚子へ移行

するメカニズムの詳細についてはいまだ明確にはされていない。

B 血清脂質

SCHJEIDE¹⁰⁾は胚子の発育に伴う血清 TL 量の変動を重量法で検索し、10 日胚の TL 量は 1,200mg/dl であるが、日齢が進むにつれて増加し、21 日胚で 1,560mg/dl になり、以後減少すると報告した。

本実験においても、胚子の発育に伴って TL 量が増加したが、全実験期間を通じて SCHJEIDE¹⁰⁾の報告より低い値であった。この TL 量の測定値の差は測定方法およびサンプルの処理方法の違いによるものと考えられる。すなわち、SCHJEIDE が用いた重量法は、本実験の Sulfo-Phospho-Vanillin 法に比べて高い値を示すことが知られている³⁾ また、SCHJEIDE¹⁰⁾が 12 例の血清をプールして測定していることも差の原因であろうと思われる。しかし、いずれにしても 15 日胚以降 TL 量が急速に増加することは明らかであり、この増加は胚子の卵黄吸収が 15 日胚以降盛んになること⁹⁾から考えると、吸収した卵黄脂質およびその代謝によるものと考えられる。

胚子の血清には PL が多量に含まれており、10~21 日胚は 400~600mg/dl で、6 週齡ヒナでは 300mg/dl に減少すると報告されている¹¹⁾ しかし、本実験の胚子血清の PL 量は 7 日胚で 225mg/dl, 17 日胚でも 387mg/dl であり、先人の報告よりやや低い値であった。

胚子の TC 量は 10 日胚以後漸増し、その増加は主にエステル型コレステロールによると報告されている。本実験においても胚子の発育に伴う TC 量の増加がみられた。一方、フ卵後期の卵黄にはエステル型コレステロールが増加し、胚子の肝臓にはこれが蓄積されると報告されている^{6,8)} したがって、本実験でみられた発育に伴う TC の増加は胚子の卵黄吸収による影響であろうと推察される。

胚子の血清 TG 量は 10 日胚から 15 日胚までほとんど変動を示さず、その後も増加することなく逆に減少する傾向にあった。したがって胚子の血清 TG 量には卵黄吸収による影響が直接関与しないと考えられる。しかし、卵黄から吸収された TG が他の脂質よりも速やかに代謝されるために、血清 TG 量に増加がみられないのかも知れず、このことについては胚子の肝機能および脂質代謝について更に検討する必要がある。

C リポタンパク質と Pre-alb の関係

前述したように胚子および初生ヒナの血清 α -LP は成鶏のそれに比べて易動度が大きく、Pre-alb 位置に分画される。したがって、胚子の血清タンパク質分画像にみられる Pre-alb は α -LP であり、ヒトあるいは交雑種鶏血清で報

告されているPre-alb⁹⁾とは異なる成分であると思われる。

胚子の α -LPの易動度が成鶏のそれより大きい原因としては、電気泳動に用いる支持体および緩衝液による干渉作用¹⁰⁾あるいはリポタンパク質を構成するアポタンパク質ならびにその脂質組成の違いなどが考えられる。

そこで、本実験において胚子の発育過程におけるPre-albの推移と α -LPの脂質組成の変動を検索したところ、Pre-albの増加に伴って α -LPが増加しており、 α -LPのTCおよびPL量が多いほど α -LPが陽極側へ分画された。また15日胚以降の血清において、 α -LPが α -LP1と α -LP2の2成分に分離する例がみられ、 α -LP1が多い血清はTCおよびPLを多量に含んでいた。このことから、 α -LPに含まれるTCおよびPL量がその易動度に関与しているものと考えられる。

一方、胚子がフ卵期間中に吸収する卵黄にはPLおよびTCが多量に含まれることが知られており⁴⁾、胚子の肝臓にはエステル型コレステロールが増加すると報告されている^{6,8)}したがって、鶏胚および初生ヒナの血清には卵黄より移行したTCおよびPLが多量に含まれるものと思われる。

要 約

鶏胚の発育に伴う血清リポタンパク質および血清脂質の変動を検索すると共に、 α -LPの脂質組成とPre-albとの関係について検討した。

A 血清リポタンパク質

7日胚の α -LPはAlbを中心にして、その前後に幅広く分画された。しかし、15日胚以降の血清では α -LPが陽極側へ分画されるようになり、Pre-alb位置に α -LP1が、 α_1 -glob位置に α -LP2が分画された。またこれらの α -LPは胚子の発育に伴って増加した。

B 血清脂質

胚子の発育に伴って血清のTL, PL, TC量が増加した。しかし、血清TGには増加がみられなかった。

C リポタンパク質とPre-albの関係

鶏胚の血清タンパク質分画像にみられる特異的なPre-albおよび β_2 -globはいずれもリポタンパク質であり、Pre-albは易動度の大きい α -LPであった。

Pre-alb量と α -LP分画の脂質成分の相関性をみると、TCおよびPLは有意な相関($P < 0.05$)を示した。しかし、TLおよびTGには明らかな相関がみられなかった。

鶏胚の α -LPがPre-alb位置に分画される要因には、 α -LPに含まれるTCおよびPLが関係しており、これらの脂質濃度が多いほど α -LPが陽極側へ分画されるものと考えられた。

文 献

- 1) Asofsky, R., Trnka, Z. and Thorbecke, G. J. : Serum Protein synthesis by embryonic and neonatal chicks. *Proc. Soc. Exp. Biol.*, **111** 497-499 (1962)
- 2) 石原勝也：鶏の血清蛋白質とくにリポ蛋白質の変動に関する血清学的研究. 岐大農研報, **37** 1-44 (1974)
- 3) 久城英人・水口葉子・福井巖：血清総脂質定量法に関する検討(第一報), 重量法, 酸化法ならびにSPV法による定量値の比較. 臨床病理, **19** 863-868 (1971)
- 4) Marshall, M. E. and Deutsch, H. F. : Some protein changes in fluids of the developing chicken embryo. *J. Biol. Chem.*, **185** 155-161 (1950)
- 5) Moore, J. H. and Doran, B. M. : Lipid metabolism in the normal and vitamin B-deficient chick embryo. *Biochem. J.*, **84** 560-513 (1962)
- 6) Noble, R. C. 194 Moore, J. H. : Studies on the lipid metabolism of the chick embryo. *Can. J. Biochem.*, **42** 1729-1741 (1964)
- 7) Noble, R. C. and Moore, J. H. : Further studies on the lipid metabolism of the normal and vitamin B-deficient chick embryo. *Biochem. J.*, **95** 144-149 (1965)
- 8) Noble, R. C. and Moore, J. H. : Some aspects of the lipid metabolism of the chick embryo. in *Physiology of the domestic fowl*. Edited by Smith, C. H. and Amoroso, E. C. Oliver and Boyd, Edinburgh and London (1966) pp. 87-102
- 9) 大塚俊久・樋口広芳：キジ (Galliformes) の血清学的研究, I. 血清蛋白質の電気泳動法による観察. 宇都宮大農報, **8** 71-79 (1972)
- 10) Schjeide, O. A. : Studies of the New Hampshire chicken embryo, III. Nitrogen and lipid analyses of ultracentrifugal fractions of plasma. *J. Biol. Chem.* **211** 355-362 (1954)
- 11) Schjeide, O. A. : Studies of the New Hampshire chicken embryo, V. Lipids of whole plasma and plasma lipoproteins. *J. Biol. Chem.* **214** 315-321 (1955)
- 12) 七條喜一郎・大坪多佳子・川井由賀里・豊澤敬一郎・鈴木實：鶏胚の発育過程における血球および血清タ

- ンパク質に関する研究. 鳥大農研報, 41 131-138 (1988)
- 13) 鈴木實・豊澤敬一郎・七條喜一郎・吉田好正: ニワトリの成長過程における血球動態及び血清タンパクに関する研究, II. 血清タンパクの変動について, 鳥大農研報, 30 66-72 (1978)
- 14) 鈴木實・豊澤敬一郎・七條喜一郎・岡本健: ニワトリの成長過程における血清リポタンパク及び糖タンパクに関する研究. 鳥大農研報, 31 105-111 (1979)
- 15) Tanaka, K. and Aoki, S.: Electrophoretic analysis on the serum proteins of chicks at various ages. *Nat. Inst. Hlth. Quart.*, 3 49-54 (1963)
- 16) Wise, R. W., Ketterer, B. and Hansen, I. A.: Prealbumins of embryonic chick plasma. *Comp. Biochem. Physiol.* 12 439-443 (1964)