

## 甲状腺除去鶏の頸二腹筋における筋線維型構成と筋線維径の変化について

仁木隆博・信國喜八郎

九州東海大学農学部, 熊本県阿蘇郡長陽村河陽 869-1404

本実験では、10~11日齢時に外科的に甲状腺を除去した雄雛（白色レグホーン系コマーシャル）を用いて、頸二腹筋（*M. biventer cervicis*）の各筋線維型の構成割合、筋線維径および数に及ぼす甲状腺ホルモン欠如の影響について検討した。実験区には甲状腺除去（甲除）、甲状腺自家移植（自家移植）および無手術を設定し、50~51日齢まで育成した後、頸二腹筋の材料採取を行った。組織化学的方法により、筋線維をⅠ型、ⅡA型およびⅡB型に分類して、筋線維型の割合を求め、筋線維直径とその筋肉断面での総数を計測した。また、実験終了時に採血した血液サンプルで血漿  $T_3$  および  $T_4$  濃度を測定した。

甲除区の血漿  $T_3$  および  $T_4$  濃度は他の2区よりも明らかに低濃度であった。したがって、甲除区は体重、頸二腹筋重量とも明らかに軽く、発育が悪いことが示された。甲除区の頸二腹筋は、他の2区の筋肉と断面における筋線維数では差を示さなかったため、その重量が軽いのは筋線維の著しい発育不全によることが認められた。頸二腹筋の筋線維はⅠ型、ⅡA型およびⅡB型に分類され、甲除区では、他の2区よりも解糖型エネルギー代謝に依存したⅡB型筋線維の割合が増え、酸化的エネルギー代謝に依存したⅡA型筋線維の割合が減少し、ⅡA型筋線維からⅡB型筋線維への変換が生じた。とくにⅡA型筋線維は直径も最も小さくなり、甲状腺ホルモンの欠如の影響が最も強く現れていた。

これらの結果から、甲状腺ホルモンは筋成長や筋線維の発育に深く関与し、とくにⅡA型筋線維の発育に密接に関与するものと推察された。

キーワード：甲状腺ホルモン、頸二腹筋、筋線維、甲状腺除去、鶏

### 緒 言

鶏において、幼雛時から甲状腺ホルモンが欠如すると、骨格筋の発育が著しく抑制されること（仁木と信國, 1994b, 1998, 2003）およびこの発育抑制には筋線維の数ではなく径の大きさが密接に関与すること（仁木と信國, 2002）が報告されている。しかし、骨格筋によっては発育の抑制の程度と筋線維径の減少度とは必ずしも呼応するものではないことも報告されている（仁木と信國, 2002）。この理由の一つとして、筋線維に対する甲状腺ホルモンの影響は筋線維型によって差異のあることが示唆されている（仁木と信國, 2002）が明らかではない。

鶏の骨格筋線維は、一般にその収縮速度や代謝活性の違いによってA型、B型およびC型（Suzuki, 1972）あるいはⅠ、ⅡAおよびⅡB型（Iwamoto *et al.*, 1993; Ono *et al.*, 1993）の3型に分類されている。また、骨格筋の所在部位や動きによって各筋線維型の構成割合や径は異なることがGeorge and Berger (1966) によって述

べられている。しかし、鶏の骨格筋を構成する各型の筋線維の割合や径に及ぼすホルモンの影響についての報告は少なく、甲状腺ホルモンに関してBacou *et al.* (1980) およびDainat *et al.* (1991) が卵卵中に抗甲状腺剤を投与して、またCarpenter *et al.* (1987) がサイロキシンを経口投与して各型の筋線維の構成割合を検討している。

本実験では、鶏雛において、3型の筋線維が混在し、しかも筋線維数が計測しやすい頸二腹筋（*M. biventer cervicis*）を用いて、甲状腺ホルモンの欠如が各型の筋線維の構成割合および径に及ぼす影響について調査し、これらの影響と頸二腹筋重量との関係について検討した。

### 材料および方法

供試鶏および飼育方法：白色レグホーン系コマーシャル（デカルブ）雄雛15羽を用いた。鶏は初生から28日齢までは育雛器（ゴトウ育雛器製作所、静岡）で常法に準じて飼育し、29日齢以降は21~24℃、照明時間14時間（午前5時~午後7時）に調整された室で中雛バッテリーにて飼育した。飼料には市販の配合飼料（伊藤忠飼料、東京）を用い、初生から28日齢までは幼雛用を、29

日齢から 50~51 日齢までは中雛用を毎日午前 8 時 30 分に給与し、水とともに自由に摂取させた。

実験区の設定および処理方法：実験区として甲状腺除去（甲除）、甲状腺自家移植（自家移植）および無手術の 3 区を設定した。10~11 日齢時に Marvin and Smith (1943) の方法に準拠して甲状腺を除去した。甲状腺除去鶏の半数は除去のままとし、残りの半数は摘出した甲状腺を仁木と信國 (1994 a) の方法によって直ちに前胸部皮下（胸筋 *M. pectoralis* 前部）に自家移植した。

供試筋の採取および処理：供試鶏は 50~51 日齢に採血後、pentobarbital sodium（大日本製薬、大阪）麻酔下で頸動脈切断により屠殺した。直ちに頭部を環椎後頭関節より、脚部を足根間関節より切断し、剥皮して剥皮屠体とした。重量測定後、屠体をビニール袋に入れ水中に 30 分間浸漬した。その後、素早く右側の頸二腹筋 (*M. biventer cervicis*) を摘出し、重量測定後、筋体の中央部を約 5 mm 幅で切り出し、その筋肉片の横断面部を直径約 1.5 cm の円形濾紙の中央部に付着させドライアイス-イソペンタンで急速凍結した。凍結した筋肉片は同じ冷媒中であらかじめ冷却しておいた蓋付の保存瓶 (5 cc) に入れ、 $-70^{\circ}\text{C}$  の冷凍庫で保存した。

続いて、剥皮屠体から甲状腺を摘出し、重量を測定した。さらに内臓を分離し重量を測定した後、消化器官から糞や飼料などの内容物をピンセットで丁寧に取り出しその重量を測定した。前述の剥皮後に測定した屠体重からこの内容物の重量を差し引いて剥皮体重とした。

組織化学的な筋線維型の分類：クリオスタット (SLEE 社, Germany) を用いて凍結保存した筋肉片を  $15\mu\text{m}$  の連続切片とし、30~60 分間風乾した後、筋線維型を分類するため myosin adenosine triphosphatase (ATPase) 活性 (Padykula and Herman, 1955) および NADH-tetrazolium reductase (NADH-TR) 活性 (Burstone, 1962) の検出を行った。myosin ATPase 活性の検出では酸性 (pH 4.3) の前処理液に  $20^{\circ}\text{C}$ 、5 分間、またはアルカリ性 (pH 9.4) の前処理液に  $20^{\circ}\text{C}$ 、30 分間浸漬した後、基質として ATP を含む浸漬液で前者では 45 分間、後者では 20 分間の処理を行った。つぎに、Iwamoto *et al.* (1993) の方法に従って、myosin ATPase 活性および NADH-TR 活性の検出結果に基づいて筋線維型を I、IIA および IIB 型に分類した。

各型の筋線維の径および割合ならびに筋線維総数の測定：myosin ATPase および NADH-TR 活性の検出処理を行った切片のうちで、横断面積が最大のものを選び、その中央部の筋束において、輪郭が鮮明な筋線維 400 個を選定し、径の測定を行った。測定は倍率 400 倍の顕微鏡下でマイクロメーターを用いて行い、測定部位

は短径の最大長とした。筋線維型の構成割合については、径の測定に用いた切片とほぼ同位置に存在する中央部の筋束において、まず検鏡倍率 100 倍であらかじめ筋線維型を分類し、つぎに 400 個の筋線維について 400 倍で精査し、各型の割合を求めた。筋線維の径や構成割合について切片中央部に限って測定を行ったが、これは予備試験的に中央部以外の数カ所で測定し、中央部とほぼ同様の値を得たことによる。一方、筋線維数の測定は、最大断面積の切片を倍率 20 倍の顕微鏡下で分画写真とし、その分画写真を合成して 20 倍の切片全体の写真を作製して行った。全体写真上のすべての筋線維の数を数取器を用いて肉眼的に 3 回測定し、その平均値を当該切片の筋線維総数とした。

血漿  $T_3$  および  $T_4$  濃度の測定：屠殺直前に翼下静脈から約 2 ml の血液を採取し、直ちに 3,000 rpm で 15 分間遠心した後、血漿を分離した。この血漿を用いて、Enzyme immunoassay (EIA) 法 (伴ら, 1982) によるエンチムテスト  $T_3$  および  $T_4$  (Boehringer Mannheim 社, Germany) にて血漿  $T_3$  および  $T_4$  濃度を測定した。

統計処理：測定結果については Student's *t* test により各区間の有意差検定を行った。

なお、甲除区の鶏のうち、屠殺時に残存甲状腺が肉眼的に認められ、血漿  $T_3$  および  $T_4$  濃度が無手術区や自家移植区に近い値を示した個体についてはデータから除外した。

## 結 果

各区の剥皮体重、甲状腺重量および血漿  $T_3$ 、 $T_4$  濃度を示すと表 1 のとおりである。剥皮体重については、甲除区は無手術区と自家移植区よりも明らかに軽く ( $P < 0.01$ )、後二者間では有意差は認められなかった ( $P > 0.05$ )。甲状腺重量は実測値、相対値のいずれにおいても無手術区と自家移植区は同等の値を示した。血漿  $T_3$  および  $T_4$  濃度については、無手術区と自家移植区とで差がなかったのに対し、甲除区は  $T_3$  でこれら 2 区のおよそ 20%、 $T_4$  でおよそ 30% の値にとどまり、有意な差が認められた ( $P < 0.01$ )。

つぎに、各区の頸二腹筋の重量、筋線維の径および総数を表 2 に示した。重量および筋線維径については、甲除区は無手術区と自家移植区よりも著しく小さく ( $P < 0.01$ )、後の 2 区間には有意差は認められなかった ( $P > 0.05$ )。しかし、筋線維総数は試験区間で差を示さなかった。

頸二腹筋の筋線維型の分類結果を図 1~6 に示した。いずれの試験区においても、酸処理後の myosin ATPase 活性が高い筋線維 (I 型) と低い筋線維 (II 型)

表 1. 無手術鶏, 甲状腺自家移植鶏および甲状腺除去鶏における剥皮体重, 甲状腺重量ならびに血漿 T<sub>3</sub>および T<sub>4</sub>濃度Table 1. Carcass weight, thyroid glands weight and plasma concentration of T<sub>3</sub> and T<sub>4</sub> in male chickens of intact, thyroid autotransplantation and thyroidectomy groups

	実験区 Experimental groups		
	無手術 Intact	自家移植 Autotransplantation	甲状腺除去 Thyroidectomy
羽数 No. of birds	5	5	5
剥皮体重 (g) Carcass wt.(g)	440.0±41.0 <sup>a</sup>	399.4±13.0 <sup>a</sup>	253.9±20.3 <sup>b</sup>
甲状腺重量 (mg) (mg%)	35.3±5.7 <sup>a</sup>	32.8±6.0 <sup>a</sup>	—
Thyroid glands (mg) wt. (mg%)	8.1±1.7 <sup>a</sup>	8.2±1.6 <sup>a</sup>	—
T <sub>3</sub> 濃度 (ng/ml) T <sub>3</sub> concentration (ng/ml)	3.8±0.5 <sup>a</sup>	3.5±0.8 <sup>a</sup>	0.7±0.4 <sup>b</sup>
T <sub>4</sub> 濃度 (ng/ml) T <sub>4</sub> concentration (ng/ml)	13.6±1.5 <sup>a</sup>	13.1±1.9 <sup>a</sup>	4.3±1.1 <sup>b</sup>

羽数以外の値は平均値±標準偏差。

Figures except the number of birds show Means±SD.

剥皮体重は剥皮後の体重から頭部（環椎後頭関節より上部）、脚部（足根間関節より下部）および消化管の内容物を差し引いた値。

Carcass wt. was evaluated by subtracting the weights of head (upper atlas part), feet (under metatarsal part) and digestive tract content from the skinned body weight.

甲状腺重量の上段の値は実測値、下段の値は剥皮体重 100 g 当たりの重量。

Values of upper and lower lines on thyroid glands wt. show absolute wt. and its percentage wt. of carcass wt., respectively.

同列の平均値の異符号間に有意差あり (P<0.01)。

Means with different superscripts differ significantly within the same row (P<0.01).

表 2. 無手術鶏, 甲状腺自家移植鶏および甲状腺除去鶏における頸二腹筋の重量, 筋線維径および筋線維総数

Table 2. Weight, fiber diameter and total fiber number of *M. biventer cervicis* from male chickens of intact, thyroid autotransplantation and thyroidectomy groups

	実験区 Experimental groups		
	無手術 Intact	自家移植 Autotransplantation	甲状腺除去 Thyroidectomy
羽数 No. of birds	5	5	5
頸二腹筋重量 (g) Wt. of <i>M. biventer cervicis</i> (g)	0.21±0.04 <sup>a</sup>	0.19±0.02 <sup>a</sup>	0.12±0.01 <sup>b</sup>
筋線維径 (μm) Muscle fiber diameter (μm)	29.3±4.3 <sup>a</sup>	26.3±0.5 <sup>a</sup>	21.4±3.6 <sup>b</sup>
筋線維総数 Total number of muscle fiber	8400±561 <sup>a</sup>	7871±581 <sup>a</sup>	8487±335 <sup>a</sup>

羽数以外の値は平均値±標準偏差。

Figures except the number of birds show Means±SD.

同列の平均値の異符号間に有意差あり (P<0.01)。

Means with different superscripts differ significantly within the same row (P<0.01).

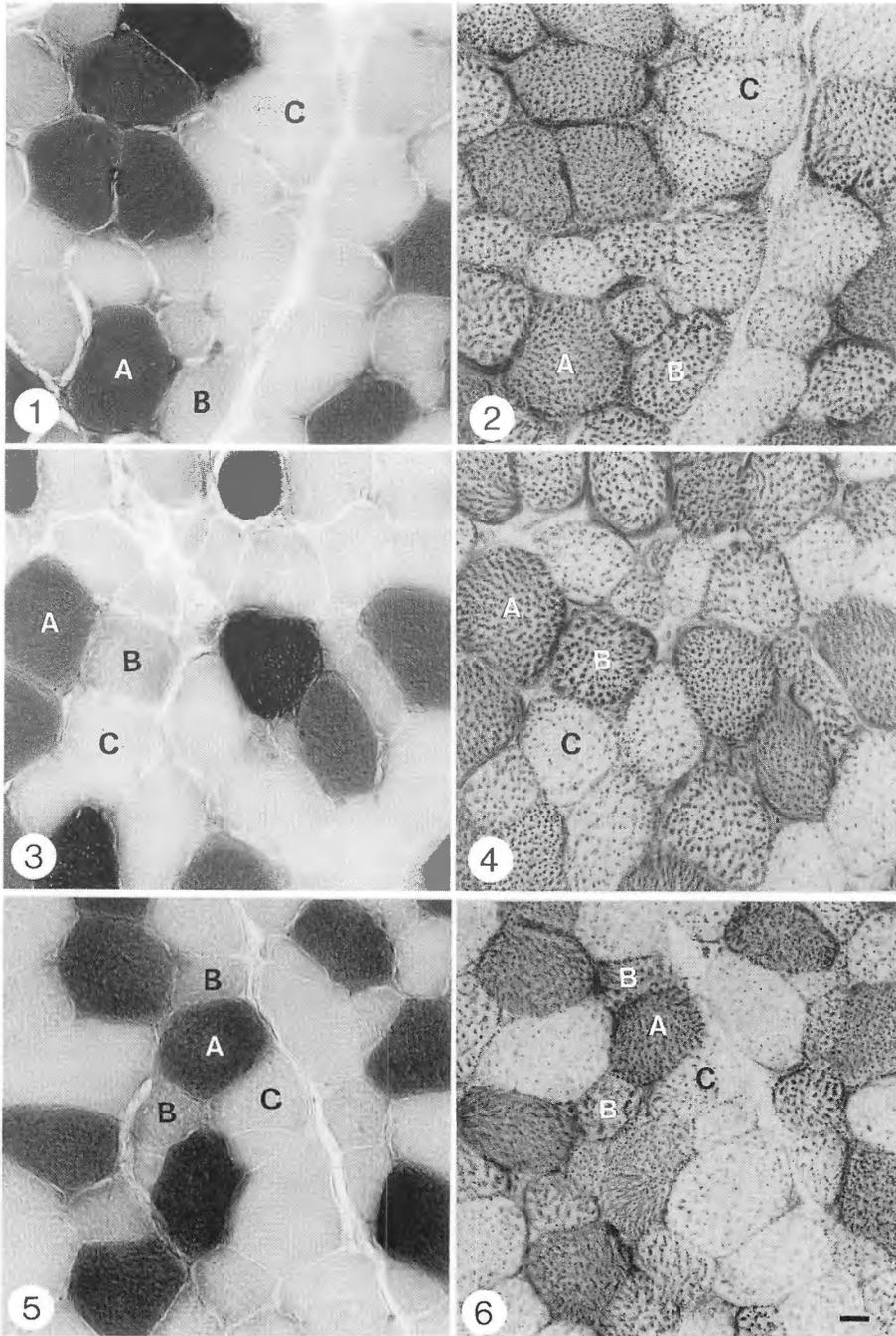


図 1~6. 無手術鶏, 甲状腺自家移植鶏および甲状腺除去鶏における頸二腹筋の組織像。  
Figs. 1-6. Microscopic photographs of *M. biventer cervicis* in male chickens of intact, thyroid autotransplantation and thyroidectomy groups.

が存在し、さらにⅡ型の筋線維は NADH-TR 活性が高いもの(ⅡA型)と低いもの(ⅡB型)に区別され、頸二腹筋の筋線維型はⅠ、ⅡA およびⅡB の3型に分類された。また、NADH-TR 反応におけるフォルマザン顆粒は、甲除区においてはⅠ型筋線維は濃く密に存在したが、ⅡA型は粗大で数も少なく、ⅡB型は散在していた。一方、無手術区と自家移植区ではⅠ型とⅡB型の反応顆粒は甲除区と同様であったが、ⅡA型の反応顆粒は濃く密に存在し、甲除区とは異なる様相を呈した。

各区の頸二腹筋における各筋線維型の構成割合を表3に示した。各筋線維型間でこの割合を比較した場合、いずれの区でもⅡB型はⅠおよびⅡA型に対して有意に大きかった( $P<0.01$ )。Ⅰ型とⅡA型の割合の比較では、甲除区ではⅡA型が小さい傾向を示したのに対し、無手術区および自家移植区では逆にⅡA型が大きい傾向を示した。一方、試験区間での比較では、甲除区はⅠ型の割合については他の2区と同等の値を示したが、ⅡA型の割合では他の2区より明らかに小さい値( $P<0.01$ )、ⅡB型の割合では大きい値( $P<0.01$ )を示し、他の2区とは明らかに異なっていた。これに対して無手術区と自

家移植区との間ではいずれの筋線維型も差を示さなかった。

各筋線維型の径を表4に示した。まず各試験区ごとに筋線維型間で比較すると、甲除区ではⅠ型の径が他の2つの型より大きく有意差が認められた( $P<0.05$ )が、ⅡA型とⅡB型については、ⅡB型がⅡA型より明らかに大きな径を示した( $P<0.05$ )。一方、無手術区と自家移植区においては、Ⅰ型の径が他の2つの型より大きいこと( $P<0.05$ )は甲除区と同様であったが、ⅡA型とⅡB型については有意な差はみられなかった。各筋線維型の径の試験区間での比較では、甲除区では3型ともに他の2区より小さな値を示し、ⅡA型とⅡB型では有意差が認められた( $P<0.05$ )。Ⅰ型については、甲除区が無手術区より有意に小さく( $P<0.05$ )、また自家移植区よりも小さい傾向を示した。一方、無手術区と自家移植区の間には差は認められなかった( $P>0.05$ )。

## 考 察

本実験において、甲状腺を外科的に除去した甲除鶏では無手術鶏、自家移植鶏に比較して血漿  $T_3$  および  $T_4$  濃

図1：無手術区；酸(pH 4.3)処理後の myosin ATPase 活性。

Fig. 1: Intact ; myosin ATPase activity after acid preincubation at pH 4.3.

図2：無手術区；NADH-tetrazolium reductase (TR) 活性。

Fig. 2: Intact ; NADH-tetrazolium reductase (TR) activity.

図3：甲状腺自家移植区；酸(pH 4.3)処理後の myosin ATPase 活性。

Fig. 3: Autotransplantation ; myosin ATPase activity after acid preincubation at pH 4.3.

図4：甲状腺自家移植区；NADH-TR 活性。

Fig. 4: Autotransplantation ; NADH-TR activity.

図5：甲状腺除去区；酸(pH 4.3)処理後の myosin ATPase 活性。

Fig. 5: Thyroidectomy ; myosin ATPase activity after acid preincubation at pH 4.3.

図6：甲状腺除去区；NADH-TR 活性。

Fig. 6: Thyroidectomy ; NADH-TR activity.

筋線維はつぎの3型(図中のA, B, C)に分類：

Muscle fibers can be classified into following three types (A, B, C on photographs) :

A : Ⅰ型；酸処理後の myosin ATPase 活性は高く、NADH-TR 活性も高い。

A : Type I shows a high activity of acid preincubated myosin ATPase and high NADH-TR activity.

B : ⅡA型；酸処理後の myosin ATPase 活性は低く、NADH-TR 活性は高い。

B : Type II A shows a low activity of acid preincubated myosin ATPase and high NADH-TR activity.

C : ⅡB型；酸処理後の myosin ATPase 活性は低く、NADH-TR 活性も低い。

C : Type II B shows a low activity of acid preincubated myosin ATPase and low NADH-TR activity.

各図ともに図6において bar (10 $\mu$ m) で示された倍率に同じ。

All figures are at the same magnification indicated by the bar (10 $\mu$ m) in Fig. 6.

表 3. 無手術鶏, 甲状腺自家移植鶏および甲状腺除去鶏における頸二腹筋の各筋線維型の構成割合

Table 3. Percentage distribution of fiber types in *M. biventer cervicis* from male chickens of intact, thyroid autotransplantation and thyroidectomy groups

	実験区 Experimental groups		
	無手術 Intact	自家移植 Autotransplantation	甲状腺除去 Thyroidectomy
羽数 No. of birds	5	5	5
筋線維型 Muscle fiber types			
I 型 (%) Type I (%)	25.8±2.7 <sup>Aa</sup>	23.5±5.5 <sup>Aa</sup>	21.1±3.3 <sup>Aa</sup>
II A 型 (%) Type II A (%)	29.2±7.1 <sup>Aa</sup>	29.7±3.0 <sup>Aa</sup>	17.9±2.3 <sup>Ab</sup>
II B 型 (%) Type II B (%)	45.0±2.8 <sup>Ba</sup>	46.8±9.4 <sup>Ba</sup>	61.0±3.9 <sup>Bb</sup>

羽数以外の値は平均値±標準偏差。

Figures except the number of birds show Means±SD.

同列の平均値の異符号間に有意差あり [A, B: 筋線維型間 (P<0.01), a, b: 実験区間 (P<0.01)]。

Means with different superscripts differ significantly within the same row or column [A, B: between muscle fiber types (P<0.01), a, b: between experimental groups (P<0.01)].

表 4. 無手術鶏, 甲状腺自家移植鶏および甲状腺除去鶏における頸二腹筋の各筋線維型の径

Table 4. Fiber diameter in each type in *M. biventer cervicis* from male chickens of intact, thyroid autotransplantation and thyroidectomy groups

	実験区 Experimental groups		
	無手術 Intact	自家移植 Autotransplantation	甲状腺除去 Thyroidectomy
羽数 No. of birds	5	5	5
筋線維型 Muscle fiber types			
I 型 (μm) Type I (μm)	34.1±2.5 <sup>Aa</sup>	31.8±4.2 <sup>Aab</sup>	27.8±2.9 <sup>Ab</sup>
II A 型 (μm) Type II A (μm)	26.0±1.3 <sup>Ba</sup>	23.7±2.7 <sup>Ba</sup>	18.4±1.8 <sup>Cb</sup>
II B 型 (μm) Type II B (μm)	27.3±1.3 <sup>Ba</sup>	25.3±2.9 <sup>Ba</sup>	21.3±1.3 <sup>Bb</sup>

羽数以外の値は平均値±標準偏差。

Figures except the number of birds show Means±SD.

同列の平均値の異符号間に有意差あり [A, B, C: 筋線維型間 (P<0.05), a, b: 実験区間 (P<0.05)]。

Means with different superscripts differ significantly within the same row or column [A, B, C: between muscle fiber types (P<0.05), a, b: between experimental groups (P<0.05)].

度は著しく減少し、剥皮体重も明らかに減少する結果が得られ、すでに報告されているように (Davison *et al.*, 1980; Harvey *et al.*, 1983; Moore *et al.*, 1984), 甲除鶏は甲状腺ホルモン欠如の状況にあったことが確認された。一方、除去後の甲状腺を自家移植した鶏 (自家移植鶏) は血漿  $T_3$ ,  $T_4$  濃度および移植甲状腺の重量において無手術鶏と同等の値を示し、さらに剥皮体重についても差のない値を示した。このことは仁木と信國 (1994a) が報告しているように、移植甲状腺が移植 25 日前後までには十分活着し、40 日前後 (屠殺時) には甲状腺ホルモンが無手術鶏と同様に正常に分泌されていたことを示すものである。したがって、これ以降の考察は同程度の手術の影響を受け甲状腺ホルモンが欠如した甲除鶏と正常に分泌された自家移植鶏との間で行った。

著者らは前報 (仁木と信國, 2002) において、甲状腺ホルモンが欠如しても骨格筋の筋線維総数は変動せず筋線維径が著しく縮小し、このことが、甲状腺ホルモンの欠如によって生ずる骨格筋の発育抑制に密接に関連することを頸二腹筋を例として報告した。今回の結果においても、甲除鶏の頸二腹筋は自家移植鶏に比べて筋重量と筋線維径では著しく小さな値を、また筋線維総数では差のない値を示し、甲状腺ホルモンの欠如による頸二腹筋の発育抑制は筋線維径の減少と関連することが再度確かめられた。

つぎに、頸二腹筋を構成する各筋線維型の割合および径の大きさに対する甲状腺ホルモン欠如の影響を検討した。甲除鶏では自家移植鶏に比べ各型の筋線維径の減少にともない、II A 型の占める割合が減少し、ほぼその割合分だけ II B 型が増加する結果となった。このことは、甲状腺ホルモンの欠如によって II A 型筋線維が II B 型筋線維へ変換したため生じたものと考えられる。尾野ら (1983) は去勢鶏に testosterone propionate を投与すると、外側腸頸骨筋・寛骨臼後部 (*M. iliotibialis lateralis pars postacetabularis*) において II B 型筋線維の一部が II A 型へ変換することを報告している。本実験の結果は、甲状腺ホルモンの欠如によっても筋線維型の変換が生じ、骨格筋の各筋線維型の割合を変動させることを示唆するものと思われる。また、甲状腺ホルモンはエネルギー代謝や蛋白合成に関与し、ミトコンドリアに  $T_3$  の受容体が存在することが知られている (Oppenheimer *et al.*, 1976; Sterling *et al.*, 1977)。NADH-TR 活性の高低はミトコンドリアの数の増減に比例すると考えられることから、甲除鶏での II A 型から II B 型への変換はミトコンドリア数 ( $T_3$  の受容体) の減少に関係すると思われる。

本実験において示された頸二腹筋での II A 型から II B

型への筋線維型の変換は、甲除鶏の II A 型筋線維におけるフォルマザン顆粒の鮮明度および筋線維径の極めて顕著な減少からみて、甲状腺ホルモンの欠如に対して II A 型筋線維の感受性が高いことを示唆するものと思われる。しかし、甲状腺ホルモンが欠如したとき、他のすべての骨格筋で同様な筋線維型の変換が生ずるとは一概には言えない。孵卵中に抗甲状腺剤を投与すると、足底筋 (*M. plantaris*) では本実験とは逆に II A 型筋線維が増加すると報告されている (Bacou *et al.*, 1980; Dainat *et al.*, 1991)。この他にも個々の骨格筋により、筋線維型へのホルモンの影響が異なることはラット (Hanzlikova and Gutmann, 1972) やマウス (Vaughan *et al.*, 1974) でも報告されている。しかし、甲状腺ホルモンが欠如すると 3 型のいずれの筋線維でも径が減少し、このことが重量の増加抑制の一因となることは、仁木と信國 (2002) の報告からみて、すべての骨格筋に適合するものと推察される。

以上の結果より、鶏において甲状腺ホルモンが欠如すると、頸二腹筋では II A 型から II B 型への筋線維型の変換が生ずるとともに、3 型すべての筋線維径が減少するなかで、とくに II A 型の筋線維径が著しく減少し、結果的には発育が抑制されることが明らかとなった。

## 引用文献

- Bacou F, Jallageas M, Nougues J and Vigneron P. Influence of experimental hypothyroidism on chick myogenesis. *Reproduction Nutrition Development*, 20 (1 B): 217-224. 1980.
- Burstone MS. *Enzyme Histochemistry*. Academic Press, London, England. 1962.
- Carpenter CE, Greaser ML and Assens RG. Accumulation of newly synthesized myosin heavy chain during thyroxine-induced myofiber type transition. *Journal of Animal Science*, 64: 1574-1587. 1987.
- 伴 良雄・沖 卓史・木村 肇・井上 健・児島孝典・飯野史郎. Enzyme-linked immunosorbent assay による血中サイロキシン濃度の測定. *ホルモンと臨床*, 30: 301-305. 1982.
- Dainat J, Saleh L, Bressot C, Margar L, Bacou F and Vigneron P. Effects of thyroid state alterations in ovo on the plasma levels of thyroid hormones and on the populations of fibers in the *plantaris* muscle of male and female chickens. *Reproduction Nutrition Development*, 31: 703-716. 1991.
- Davison TF, Misson BH and Freeman BM. Some effects of thyroidectomy on growth, heat production and the thermoregulatory ability of the immature fowl. *Journal of Thermogenesis Biology*, 5: 197-202. 1980.

- George JG and Berger AJ. Avian Myology. Academic Press, New York, 169-198. 1966.
- Hanzlikova V and Gutmann E. Effect of foreign innervation on the androgen-sensitive *levator ani* muscle of the rat. *Z. Zellforsch*, 135 : 165-174. 1972.
- Harvey S, Sterling RJ and Klandorf H. Concentrations of triiodothyronine, growth hormone, and luteinizing hormone in the plasma of thyroidectomized fowl (*Gallus domesticus*). *General and Comparative Endocrinology*, 50 : 275-281. 1983.
- Iwamoto H, Hara Y, Gotoh T, Ono Y and Takahara H. Different growth rates of male chicken skeletal muscles related to their histochemical properties. *British Poultry Science*, 34 : 925-938. 1993.
- Marvin HN and Smith GC. Technique for thyroidectomy in the pigeon and the early effect of thyroid removal on heat production. *Endocrinology*, 32 : 87-91. 1943.
- Moore GE, Harvey S, Klandorf H and Goldspink G. Muscle development in thyroidectomized chickens (*Gallus domesticus*). *General and Comparative Endocrinology*, 55 : 195-199. 1984.
- 仁木隆博・信國喜八郎. 鶏における自家移植甲状腺の甲状腺ホルモン分泌. *日本家禽学会誌*, 31 : 181-188. 1994 a.
- 仁木隆博・信國喜八郎. 鶏の筋肉, 骨, 内臓および脂肪の重量に及ぼす甲状腺ホルモンの影響. *日本家禽学会誌*, 31 : 262-269. 1994 b.
- 仁木隆博・信國喜八郎. 鶏の前肢部, 体幹部および後肢部における個々の筋肉の重量に及ぼす甲状腺ホルモンの影響. *日本家禽学会誌*, 35 : 295-302. 1998.
- 仁木隆博・信國喜八郎. 甲状腺除去鶏の骨格筋重量に及ぼす筋線維の数と径の大きさの影響. *日本家禽学会誌*, 39 (J2) : J130-J138. 2002.
- 仁木隆博・スキット カンタプラブ・芝田 猛・信國喜八郎. プロイラーの成長に及ぼす甲状腺除去の影響. *日本家禽学会誌*, 40 (J2) : J71-J76. 2003.
- 尾野喜孝・岩元久雄・高原 齊. 雄鶏の大腿二頭筋筋線維に及ぼす Androgen の影響に関する組織化学的研究. *日本畜産学会報*, 54 (7) : 453-459. 1983.
- Ono Y, Iwamoto H and Takahara H. The relationship between muscle growth and the growth of different fiber types in the chicken. *Poultry Science*, 72 : 568-576. 1993.
- Oppenheimer JH, Schwartz HL, Surks MI, Koerner D and Dillmann WH. Nuclear receptors and the initiation of thyroid hormone action. *Recent Progress in Hormone and Research*, 32 : 529-565. 1976.
- Padykula HA and Herman E. Factors affecting the activity of adenosine triphosphatase and other phosphatases as measured by histochemical techniques. *Journal of Histochemistry and Cytochemistry*, 3 : 161-169. 1955.
- Sterling K, Milch PO, Brenner MA and Lazarus JH. Thyroid hormone action : The mitochondrial pathway. *Science*, 197 : 996-999. 1977.
- Suzuki A. Histochemistry of the chicken skeletal muscles. I. Classification on individual muscle fibers. *Tohoku Journal of Agricultural Research*, 23 (1) : 45-57. 1972.
- Vaughan HS, Aziz-ullah, Goldspink G and Nowell NW. Sex and stock differences in the histochemical myofibrillar adenosine triphosphatase reaction in the *soleus* muscle of the mouse. *The Journal of Histochemistry and Cytochemistry*, 22 (3) : 155-159. 1974.

# Changes of Proportional Distribution of Fiber Types and Fiber Diameters Induced by Thyroidectomy in the *M. biverter cervicis* of Male Chicken

Takahiro Nikki and Kihachiro Nobukuni

School of Agriculture, Kyushu Tokai University, Aso-gun 869-1404

The proportional distribution of fiber types and fiber diameter in each type in the *M. biverter cervicis* were compared among the thyroidectomized, thyroid autotransplanted and intact White Leghorn male chickens for clarifying the effect of thyroid hormones on the fiber composition. The thyroidectomy and thyroid autotransplantation following on its excision were performed at 10-11 days of age, and the muscle materials at the central venter were obtained from the every group at 50-51 days of age. Muscle fibers were classified into types I, II A and II B according to the reactivities of myosin ATPase and NADH-tetrazolium reductase. Plasma concentrations of T<sub>3</sub> and T<sub>4</sub> in every group were measured using the EIA method at 50-51 days of age.

The thyroidectomized chickens with low plasma concentrations of T<sub>3</sub> and T<sub>4</sub> at 50-51 days of age had grown up at slow rate and also retarded a normal growth of the biverter muscle during this experimental period. The small biverter muscle of thyroidectomized chickens contained fibers of small size at the same number compared with the other two groups. When the biverter muscle was composed of types I, II A and II B fibers, the percentage distribution of fiber types was changed by thyroidectomy indicating the transformation of fast-twitch oxidative glycolytic (II A) to fast-twitch glycolytic (II B). This phenomenon seemed to be induced by lowering rate of oxidative energy metabolism in the type II A fibers because of reduction of formazan granule number after NADH-dehydrogenase activity. On the other hand, slow-twitch oxidative (type I) fibers for maintaining posture of head did not reduce the number of formazan granules after thyroidectomy. From these results, it was suggested that thyroid hormones could not encourage only the fiber size growth but also the development of oxidative energy metabolism of fibers, especially type II A fibers.

(*Japanese Journal of Poultry Science*, 41 : J151-J159, 2004)

**Key words** : thyroid hormones, *M. biverter cervicis*, muscle fiber, thyroidectomy, chickens