

ニワトリヒナの視床下部における食欲調節中枢の神経細胞の 大きさと数に及ぼす甲状腺ホルモンの影響

誌名	東海大学紀要. 農学部
ISSN	18831516
著者	仁木, 隆博 柘田, 信也 芝田, 猛
巻/号	31巻
掲載ページ	p. 7-13
発行年月	2012年2月

ニワトリヒナの視床下部における食欲調節中枢の神経細胞の 大きさと数に及ぼす甲状腺ホルモンの影響

仁木隆博・梶田信也¹⁾・芝田 猛²⁾

Effects of Thyroid Hormones on Size and Number of Nerve Cells in Appetat of Hypothalamus in Chicks

Takahiro NIKKI, Shinya MASUDA and Takeshi SHIBATA

(Received 30 September 2011; accepted 11 November 2011)

To investigate the effects of thyroid hormones on feed consumption and relationships with the appetat, the appetite of chicks was suppressed by inducing thyroid hormones deficiency through thyroidectomy at 10~11 days old. The size and number of nerve cells in the appetat of the hypothalamus were then measured. Male white Leghorn chicks (Julia strain) were divided into three groups: thyroidectomy (Tx); thyroid autotransplantation (AT), with autotransplantation of the ectomized thyroid to administer thyroid hormones; and control (CO), with intact thyroid gland. Tx showed severe thyroid hormones deficiency following thyroidectomy. In comparison to AT and CO, clear reductions in plasma concentrations of T_3 and T_4 were seen, while liver weight and abdominal fat increased significantly. No significant differences in plasma concentrations of T_3 and T_4 , liver weight, or abdominal fat were found between AT and CO. Tx showed markedly reduced feed consumption and body weight compared to both AT and CO, indicating that this result was due to thyroid hormone deficiency. No differences in size of nerve cells in the *nuc. dorsomedialis hypothalami* (DMH) were found between any of the three groups at 30 or 50 days old. The *nuc. inferioris hypothalami* (IH) was bigger in Tx than in AT and was significantly bigger than in CO ($P<0.05$) at 30 days old, but no differences were found between any groups at 50 days old. No difference in number of cells in the DMH was found between any groups, irrespective of age. The number of cells in the IH in Tx tended to be greater than in AT and was significantly greater than in CO ($P<0.05$) at 30 days old, but no differences were found between any groups at 50 days old. No differences were found between AT and CO in numbers or sizes of cells at either age. Inducing thyroid hormones deficiency in chicks with increasing feed intake and continued growth thus resulted in inhibition of feed intake and inhibition of growth. These results also suggest that size or number of nerve cells in the IH are unlikely to have any great effect on the suppression of feed intake.

緒 言

ニワトリの成長に及ぼす甲状腺ホルモンの影響については多くの研究者によって報告されてきた(1-3)。これらによれば、著しく成長し続けているヒナの時期に甲状腺ホルモンが欠如すると、ヒナの成長は明らかに抑制されると述べられている。さらに、このような成長の

抑制を呈するヒナでは、日常的に飼料摂取量の減少が生じることが報告されている(4-7)。また、信國ら(5)は甲状腺除去ヒナへの T_4 の投与量が正常分比率より少ない場合は成長も飼料摂取量も十分には回復しないことを報告している。これらのことから、甲状腺ホルモンの欠如は飼料摂取量の減少をもたらし、そのことが成長の抑制を引き起こすと推察されるが、甲状腺ホルモンの欠如がヒナの飼料摂取にどのような経路で関与するかは明らかでない。

一方、飼料摂取量の増減は飼料摂取を調節する種々の

東海大学農学部応用動物科学科, ¹⁾ 東海大学阿蘇教養教育センター, ²⁾ 東海大学総合農学研究科

因子と関係している。この因子は中枢性のものと末梢性のものとに区別され、それぞれの因子の飼料摂取への関与については、古瀬 (8)、豊後 (9) および Bungo *et al.* (10) によって総説としてまとめられている。しかし、中枢性であれ末梢性であれ、各因子の影響を最終的に受ける部位は間脳視床下部に存在する食欲調節中枢である。食欲調節中枢は摂食中枢 (食欲促進) と飽満中枢 (食欲抑制) とからなり、ニワトリでは以前より摂食中枢が視床下部背内側核 (*nuc. dorsomedialis hypothalami*: 以下 DMH) とその周辺部 (11)、飽満中枢が視床下部下核 (*nuc. inferioris hypothalami*: 以下 IH) とその周辺部 (12-16) に存在すると報告されてきた。しかし、近年では視床下部弓状核 (*nuc. arcuic hypothalami*: 以下 AH) より摂食促進因子のニューロペプチド Y (NPY) や摂食抑制因子の色素細胞刺激ホルモン (α -MSH) およびアグーチ関連タンパク質 (AGRP) が、視床下部外側野 (*nuc. lateralis hypothalami*: 以下 LH) より摂食促進因子のオレキシン (ORX) やメラニン凝集ホルモン (MCH) が産生され機能していることが明らかにされており、DMH や IH 以外にも AH や LH、さらに視床下部室傍核 (*nuc. paraventricularis magnocellularis hypothalami*: PVM) が食欲調節中枢として関与しているものと考えられている (8-10)。

また、ニワトリの生理状態の変化と食欲調節中枢の神経細胞の形態学的な変化との関連性については、園田と仁木 (17) が絶食させたニワトリの DMH や IH における細胞の大きさに変化が生じることを報告している。したがって、食欲が低下したニワトリにおけるこれらの神経核の細胞について形態学的に検討することは一つの方法であると考えられる。

本実験では、ニワトリヒナにおいて甲状腺ホルモンの欠如が飼料摂取量および成長に及ぼす影響を確認し、飼料摂取量に対する甲状腺ホルモンの影響と食欲調節中枢との関係を検討するため、従来よりニワトリにおいて食欲調節中枢として知られ、一つの神経核として明確な領域を持ち、ほぼ同様な形状の神経細胞の集団であり、相反する摂食欲と満腹感の発現にそれぞれ深く関与する DMH および IH における神経細胞の大きさと数を計測した。

材料および方法

供試鶏の飼育方法、実験期間および実験区の設定

供試鶏として白色レグホーン系コマースナル (ジュリア) 雄ヒナ30羽を用いた。ヒナは初生時から21日齢まで

育雛器 (ゴトウ育雛器製作所、静岡) にて常法に準じて飼育した。22日齢から実験終了時までには室温22~24℃、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ケージにて群飼した。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、以降は中雛用を使用した。飼料の給与は1日1回 (午前8時30分) とし、水とともに自由摂取とした。

実験期間は10日齢から50日齢までとし、実験区として、甲状腺除去 (以下甲除)、甲状腺自家移植 (以下自家移植) および無手術 (以下対照) の3区 (各10羽) を設定した。甲状腺の除去は Marvin and Smith の方法 (18) に準拠して外科的に10~11日齢時に行なった。甲除ヒナは甲除のまま残すものと、除去した甲状腺を自家移植するものに分け、前者を甲除区、後者を自家移植区とした。自家移植については信國ら (5) および仁木と信國 (19) の方法に準拠して胸部前端部皮下に行なった。対照区は無手術のまま甲除区、自家移植区と同様の条件下で飼育した。

飼料摂取量、体重、臓器重量および血漿中甲状腺ホルモン濃度の測定

実験期間中、体重は10日齢から10日毎に1回、および飼料摂取量は手術後の回復期間を考慮して21日齢から50日齢まで毎日1回群毎に、それぞれ飼料給与前の定刻 (午前8時00分) に測定した。

各区のヒナは30日齢に各5羽および50日齢に各5羽をネンブタール麻酔下 (0.5ml/kg・bwt) で頸動脈切断によって放血屠殺し、直ちに頭部 (環椎より上部) および脚部 (中足骨遠位端より下部) を切り離した。頭部については直ちに脳の灌流固定に供した。一方、屠体については50日齢に限って剥皮した後、重量を測定し、前肢部、体幹部および後肢部に分けた。体幹部から肝臓、腹腔内脂肪および甲状腺を摘出し、重量を測定した。また、そ嚢を含めた消化管を摘出し、その内容物を取り出して重量を測定した。あらかじめ測定しておいた剥皮屠体重量から消化管内容物の重量を差し引いて正味の剥皮体重を求めた。

50日齢時において屠殺前のネンブタール麻酔直前に翼下静脈より採血後、3000rpm で15分間遠心し、血漿を分離して甲状腺ホルモン濃度の測定に供した。甲状腺ホルモンとしては T_3 と T_4 を測定し、その方法は市販の測定用キット (Boehringer Mannheim 社, Germany) を用い、酵素免疫測定法 (20) によって行った。

視床下部試料の作製および神経細胞の大きさと数の測定

視床下部を切り出すため脳の灌流固定を以下のように行った。すなわち、頭部切断面の左右の頸動脈から

50ml 用注射器を用いて、はじめに0.9%生理食塩水50mlを半量ずつ徐々に注入し、ついで10%ホルマリンカルシウム液50mlを同様に注入した。灌流固定後、脳を摘出しさらに10日間10%ホルマリンカルシウム液で再固定した。その後、van Tienhoven and Juhasz (21)の脳地図にしたがって視床下部を中心に整形し水洗した。整形した視床下部は凍結用ステージ上で -20°C にて凍結し滑走式マイクロトーム（大和光機工業、東京）を用いて $20\mu\text{m}$ の切片を作製した。切片はKluver-Barrera法によってLFBおよびNissle重染色(22)を施し、神経細胞の大きさと数の測定に供した。

神経細胞の大きさについては、倍率400倍の顕微鏡下でDMHおよびIHをそれぞれ上部、中央部および下部に区分し、各部より輪郭が鮮明で形の整った神経細胞体50個（計150個）を選定し、それら細胞体の短径の最大長をマイクロメーターで計測した。神経細胞の数については、DMH、IHをそれぞれ倍率20倍の顕微鏡下で写真撮影し、その写真を1.4倍に拡大コピーした。拡大コピー上でカウンターを用いて各中枢における明瞭な神経細胞体の総数を計測した。

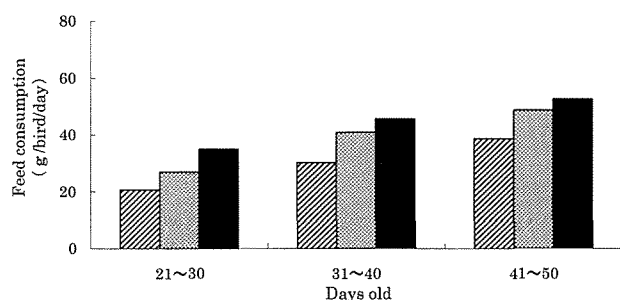


Fig. 1. Effects of thyroid hormones deficiency on feed consumption in chicks.
 □: Thyroidectomy, ▨: Autotransplantation, ■: Control.
 21~30days old: $n = 10$ group $^{-1}$, 31~50days old: $n = 5$ group $^{-1}$.

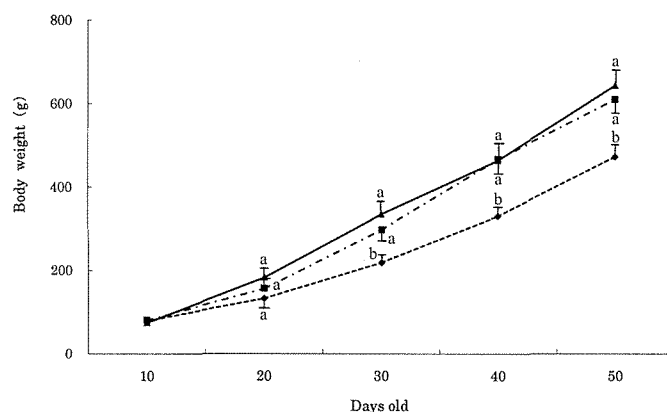


Fig. 2. Effects of thyroid hormones deficiency on body weight in chicks.
 - - - : Thyroidectomy, - ■ - : Autotransplantation, - - : Control.
 10~30days old: $n = 10$ group $^{-1}$, 30~50days old: $n = 5$ group $^{-1}$.
 Means with different superscripts differ significantly (a,b: $P < 0.05$).

Table 1. Effects of thyroid hormones deficiency on body weight gain and feed consumption in chicks

	Experimental groups		
	Thyroidectomy	Autotransplantation	Control
No. of birds	5	5	5
Initial body wt. (g)	159.6 \pm 5.5 ^a	170.6 \pm 5.7 ^b	174.2 \pm 8.7 ^b
Final body wt. (g)	360.1 \pm 20.2 ^a	622.8 \pm 23.4 ^b	640.4 \pm 28.3 ^b
Body wt. gain (g/bird)	200.5 \pm 24.5 ^a	452.2 \pm 20.9 ^b	466.2 \pm 24.5 ^b
Feed consumption (g/bird)	546.2	850.7	943.9

Figures show Means \pm Standard deviation.

Body weight gain and feed consumption are the values from 21 to 50 days old.

Means with different superscripts differ significantly within the same row ($P < 0.05$).

Table 2. Plasma concentration of T₃ and T₄, and weights of thyroid glands in chicks subjected to thyroidectomy or thyroid-autotransplantation

	Experimental groups		
	Thyroidectomy	Autotransplantation	Control
No. of birds	5	5	5
T ₃ concentration(ng/ml)	0.6±0.5 ^a	3.7± 0.5 ^b	3.9± 0.4 ^b
T ₄ concentration(ng/ml)	4.5±1.5 ^a	13.8± 1.5 ^b	14.4± 1.1 ^b
Thyroid glands wt. (mg)	—	24.3±12.7 ^a	30.7±12.1 ^a

Figures show Means±Standard deviation.

Concentration of T₃, T₄ in plasma are the values at one day before the sacrifice (49 days old).

Weights of thyroid glands are the values at the day of the sacrifice (50 days old).

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

Table 3. Effects of thyroid hormones deficiency on weights of liver and abdominal fat in chicks

	Experimental groups		
	Thyroidectomy	Autotransplantation	Control
No. of birds	5	5	5
Carcass wt. (g)	292.2±23.1 ^a	475.8±20.3 ^b	509.8±36.5 ^b
Liver wt.(g)	16.9± 4.7 ^a	17.2± 1.6 ^a	18.5± 1.7 ^a
(g%)	5.8± 1.8 ^a	3.6± 0.1 ^b	3.6± 0.1 ^b
Abdominal fat wt.(g)	8.8± 2.5 ^a	5.1± 1.7 ^b	3.8± 1.0 ^b
(g%)	3.0± 0.9 ^a	1.1± 0.4 ^b	0.7± 0.2 ^b

Figures except the number of birds show Mean±Standard deviation at 50 days old in chick.

Values of upper and lower lines show absolute wts. and relative wts. (g% to carcass wt.), respectively.

Carcass wt. was calculated by subtracting the weights of feather and skin, head part (upper part from atlas), leg part (under part from shank) and the content in alimentary canal from the weight of chicks sacrificed by blood shedding.

Means with different superscripts differ significantly within the same row (P<0.05).

測定終了時における体重、増体量および飼料摂取量をまとめると Table 1のとおりである。前述の結果を反映して、終了時体重、増体量および飼料摂取量はいずれも甲除区が他の2区よりも少なく、終了時体重と増体量には有意差が認められた (P<0.05)。飼料摂取量について、甲除区は自家移植区および対照区のそれぞれ64.2%および57.9%にとどまった。自家移植区と対照区との間にはいずれの測定値においても明らかな差はみられなかった。

つぎに、血漿中の甲状腺ホルモン濃度 (T₃, T₄) および甲状腺重量 (屠殺後) を Table 2に示した。甲除区は自家移植区、対照区に比較して、T₃, T₄のいずれも明らかに少ない値を示し、有意差が認められた (P<0.01)。自家移植区は対照区と同様な値であった。甲状腺重量については自家移植区が対照区より小さな値を示したが、有意差は認められなかった。

肝臓および腹腔内脂肪の重量について示すと Table 3のとおりである。肝臓重量は実測値においては3区間で差は認められなかったが、相対値 (剥皮体重100gあたりの重量) では甲除区が他の2区よりも明らかに大きな

値を示した (P<0.05)。自家移植区と対照区との間には差は認められなかった。腹腔内脂肪の重量は実測値、相対値ともに甲除区が他の2区より大きな値を示し、有意差が認められた (P<0.05)。自家移植区と対照区とでは実測値および相対値ともに自家移植区がやや大きい傾向を示したが、有意差はみられなかった。

DMH および IH における神経細胞について、その大きさと数を Table 4に示した。まず大きさについてみると、DMH では30日齢、50日齢のいずれにおいても3区間で差は認められなかった。これに対してIHでは、30日齢で甲除区は自家移植区より大きい傾向を示し、対照区との間では有意に大きい値を示した (P<0.05)。しかし、50日齢では区間差は認められなかった。また、日齢間の比較ではDMH および IH は各区とも30日齢より50日齢の方が有意に大きい値となった (P<0.01)。一方、細胞数についてみると、DMH では日齢によらず3区間では差は認められなかったが、IHでは30日齢で、甲除区が自家移植区より数が多くなり、対照区に対しては有意に大きい値であった (P<0.05)。しかし、50日齢では

Table 4. Effects of thyroid hormones deficiency on diameter and number of nerve cells on feeding satiety center in chicks

	Days old	Experimental groups		
		Thyroidectomy	Autotransplantation	Control
No. of birds		5	5	5
Diameter of nerve cells (μm)				
DMH	30	8.4 \pm 0.6 ^{Aa}	8.2 \pm 0.3 ^{Aa}	8.2 \pm 0.6 ^{Aa}
	50	9.4 \pm 0.5 ^{Ba}	9.2 \pm 0.6 ^{Ba}	9.3 \pm 0.5 ^{Ba}
IH	30	8.0 \pm 0.4 ^{Aa}	7.6 \pm 0.4 ^{Aab}	7.5 \pm 0.2 ^{Ab}
	50	9.1 \pm 0.4 ^{Ba}	8.8 \pm 0.5 ^{Ba}	8.9 \pm 0.4 ^{Ba}
Number of nerve cells				
DMH	30	1365 \pm 212 ^{Aa}	1491 \pm 291 ^{Aa}	1495 \pm 264 ^{Aa}
	50	1451 \pm 184 ^{Aa}	1595 \pm 226 ^{Aa}	1640 \pm 236 ^{Aa}
IH	30	2181 \pm 209 ^{Aa}	1973 \pm 169 ^{Aab}	1823 \pm 189 ^{Ab}
	50	2258 \pm 223 ^{Aa}	2143 \pm 202 ^{Aa}	2032 \pm 208 ^{Aa}

Figures except the number of birds show Mean \pm Standard deviation at 50 days old in chick.

DMH : *nuc. dorsomedialis hypothalami*, IH : *nuc. inferioris hypothalami*.

Diameter of nerve cells shows Means of maximum diameters of each fifty cells selected from upper part, center part and under part of each nucleus.

Number of nerve cells shows numbers of cell body clearly shown in each nucleus.

Means with different superscripts differ significantly within the same column or row [A,B:between days old ($P<0.01$), a,b:between experimental groups ($P<0.05$)].

区間差は認められなかった。日齢間で比較すると DMH および IH では各区とも30日齢より50日齢の方がやや数が多い傾向を示した。自家移植区と対照区とでは細胞の大きさ、数ともにそれぞれの日齢において差はみられなかった。

考 察

本実験において、甲状腺を除去したヒナでは、成長および飼料摂取量の増加が抑制されたが、これらの抑制は除去した甲状腺を自家移植することによって解消されることが示された。また、血漿中の甲状腺ホルモン濃度は甲除ヒナで T_3 、 T_4 とも自己移植ヒナより明らかに少なく、自家移植ヒナと対照（正常）ヒナとでは差がないことが示された。これらの結果から、甲状腺ホルモンの欠如はニワトリヒナにおいて飼料摂取量の増加を抑制し、このことが成長抑制を引き起こすという信國ら（5）および仁木ら（7）の報告が確認された。

一方、甲状腺の除去によっても T_3 、 T_4 は正常分泌率相当量（24, 25）より著しく少ない量とはいえ血中に残存した。しかし、今回の残存量については Moore *et al.*（26）および Hayashi *et al.*（27）も同様の報告をしており、除去の不完全さを意味するものではない。本実験で示した甲状腺ホルモンの血中残存量では、ヒナがホルモンの

欠如状態に陥っていたことは肝臓重量や腹腔内脂肪重量が増加したことから明らかである。甲状腺ホルモンが欠如すると肝臓（28-30）や腹腔内脂肪（6, 31）の重量が増加することはすでに報告されている。

つぎに、甲状腺ホルモンの欠如によってもたらされた飼料摂取量の増加抑制に対する食欲調節中枢の関与を検討するため、DMH と IH に対する甲状腺ホルモン欠如の影響を調べた結果、両神経核の神経細胞の大きさと数について、食欲促進中枢である DMH では、30日齢、50日齢のいずれにおいてもホルモン欠如の影響は認められなかった。一方、食欲抑制中枢である IH では、30日齢において細胞の大きさ、数とも甲除ヒナが自家移植ヒナ、対照ヒナより増大または増加傾向を示したが、50日齢においては30日齢ほどの差は示されなかった。すなわち IH の細胞の大きさ、数ともに、甲除ヒナは自家移植ヒナ、対照ヒナに比較して明らかな差として認められるほどの増大もしくは増加したという結果を示してはいない。したがって、今回の結果からは、甲状腺ホルモンの欠如が IH における神経細胞を大きくし、数も増やすということは考えにくい。とくに、神経細胞の数については、哺乳動物ではある時期までは増殖するがそれ以降の増殖はないといわれており、誕生後の増殖については否定的な見解が取られている（32）。本実験でも加齢に伴う細胞径の増大は確認できたものの、明らかな数の増殖は認め

られなかった。ニワトリも哺乳動物と必ずしも同様とはいえないが、神経細胞が増殖しにくいことでは共通するものと思われ、甲状腺ホルモンの欠如がIHに限って神経細胞数を増加させるほどの影響を及ぼすとは考えられない。甲状腺ホルモンの欠如による食欲抑制にはDMHとIHの神経細胞における神経伝達物質やその分解酵素活性などの他の要因が関与しているのかもしれない。

以上のことから、飼料摂取量が増加し、成長を続けているヒナで甲状腺ホルモンが欠如すると飼料摂取の増加が抑制され、成長は抑制されることが確かめられた。また、この飼料摂取の抑制にはIHにおける神経細胞の大きさや数が大きく影響を及ぼす可能性は少ないことが示唆された。

要 約

本実験では10～11日齢時に外科的に甲状腺を除去することによって甲状腺ホルモンを欠如させ、食欲を減退させた雄ヒナ（白色レグホーン系コマーマル）を用いて、視床下部における摂食中枢および飽満中枢の一つとしてそれぞれ知られている視床下部背内側核 (*nuc. dorsomedialis hypothalami*: 以下 DMH) および視床下部下核 (*nuc. inferioris hypothalami*: 以下 IH) における神経細胞の大きさと数を計測し、飼料摂取量に対する甲状腺ホルモンの影響と視床下部の食欲調節中枢との関係について検討した。実験区としては甲状腺除去（甲除）、ホルモンの回復投与としての甲状腺自家移植（自家移植）および対照（無手術）の3区を設定した。甲除区は、自家移植区や対照区に比べて血漿中の T_3 、 T_4 の濃度は明らかに少なく ($P<0.01$)、一方では肝臓と腹腔内脂肪の重量は増加し、著しい甲状腺ホルモン欠如の状態を生じた。自家移植区と対照区は T_3 、 T_4 の量、肝臓および腹腔内脂肪の重量ともに両区間で差のない値を示した。甲除区は、飼料摂取量および体重とも自家移植区、対照区より著しく少なく、この結果は甲状腺ホルモンの欠如によってもたらされたことが示された。一方、DMH および IH における神経細胞の大きさについては、DMH では30日齢、50日齢のいずれにおいても3区間で差は認められなかった。これに対してIHでは、30日齢で甲除区は自家移植区より大きい傾向を示し、対照区に対し有意に大きい値であった ($P<0.05$)。しかし、50日齢では区間差は認められなかった。一方、細胞数についてDMHでは日齢によらず3区間では差は認められなかったが、IHでは30日齢で、甲除区が自家移植区より大きな値を示し、対照区に対しては有意に大きい値がみられた

($P<0.05$)。しかし、50日齢では区間差は認められなかった。さらに、自家移植区と対照区とでは細胞の大きさ、数ともにそれぞれの日齢において差は認められなかった。

以上のことから、飼料摂取量が増加し、成長を続けているニワトリヒナで甲状腺ホルモンが欠如すると飼料摂取の増加が抑制され、成長は抑制されることが確かめられた。また、この飼料摂取の抑制にはIHにおける神経細胞の大きさや数が大きく影響を及ぼす可能性は少ないものと考えられた。

キーワード：外科的甲状腺除去、甲状腺ホルモン欠如、食欲調節中枢、神経細胞の大きさと数、ニワトリヒナ

引用文献

- 1) Ringer, R.K., 1965, Thyroids, In 'Avian physiology (Sturkie P.D. ed.)', Vol.2, Chapter 19, Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, New York, pp.592-609.
- 2) Ringer, R.K., 1976, Thyroids, In 'Avian physiology (Sturkie P.D. ed.)', Vol.3, Chapter 19, Springer Verlag, Heidelberg & Berlin, pp.348-371.
- 3) Wentworth, B.C. and Ringer, R.K., 1986, Thyroids, In 'Avian Physiology (Sturkie, P.D. ed.)', Springer Verlag, New York, Vol. 4, pp.452-465.
- 4) Snedecor, J.G. and Camyre, M.F., 1966, Gen. Comp. Endocrinol., 6, 276-287.
- 5) 信國喜八郎, 久木田敬一, 古賀 脩, 1972, 九大農学芸誌, 26, 351-358.
- 6) 仁木隆博, 信國喜八郎, 1994b, 家禽会誌, 31, 262-269.
- 7) 仁木隆博, 岡野直子, 芝田 猛, 信國喜八郎, 2007, 家禽会誌, 44, J4, J154-J161.
- 8) 古瀬光宏, 1996, 家禽会誌, 33, 275-285.
- 9) 豊後貴嗣, 2001, 家禽会誌, 38, J131-J140.
- 10) Bungo, T., Shiraishi, J. and Kawakami, S., 2011, J. Poult. Sci., 48, 1-13.
- 11) Feldman, S.E., Snapir, N., Yasuda, M., Treuting, F. and Lepkovsky, S., 1973, Hilgardia, 41, 605-629.
- 12) Lepkovsky, S. and Yasuda M., 1966, Poult. Sci., 45, 582-588.
- 13) Snapir, N., Ravona, H. and Perek, M., 1973, Poult. Sci., 52, 629-636.
- 14) 園田立信, 甲斐 蔵, 吉岡善三郎, 1975, 家禽会誌, 12, 37-42.
- 15) Sonoda, T., 1983, Physiol. Behav., 30, 325-329.

-
- 16) 仁木隆博, 信國喜八郎, 1992, 九東大農紀要, 11, 27-32.
- 17) 園田立信, 仁木隆博, 1982, 日畜会報, 53 (10), 664-671.
- 18) Marvin, H.N. and Smith, G.C., 1943, *Endocrinol.*, 32, 87-91.
- 19) 仁木隆博, 信國喜八郎, 1994a, 家禽会誌, 31, 181-188.
- 20) 伴 良雄, 沖 卓史, 木村 肇, 井上 健, 児島孝典, 飯野史郎, 1982, 30, 301-305.
- 21) Van Tienhoven, A. and Juhasz, L.P., 1962, *J. Comp. Neurol.*, 118, 185-197.
- 22) 佐野 豊, 1981, 組織学研究法, 南山堂, 東京, pp.367-369.
- 23) 日本獣医解剖学会編, 1998, 家禽解剖学用語 (Nomina Anatomica Avium Japonica), 日本中央競馬会, 東京, pp198-199.
- 24) Tanabe, Y., 1965, *Poult. Sci.*, 44, 591-596.
- 25) 信國喜八郎, 岡本正幹, 1972, 家禽会誌, 9, 11-16.
- 26) Moore, G.E., Harvey, S., Klandorf, H. and Goldspink, G., 1984, *Gen. Comp. Endocrinol.*, 55, 195-199.
- 27) Hayashi, K., Kirihara, O. and Tomita, Y., 1991, *Anim. Sci. Technol. (Jpn)*, 62, 109-113.
- 28) Snedecor, J.G., 1968, *Gen. Comp. Endocrinol.*, 10, 277-291.
- 29) Davison, T.F., Misson, B.H. and Freeman, B.M., 1980, *J. Thermo. Biol.*, 5, 197-202.
- 30) 永江豊明, 信國喜八郎, 西山久吉, 1987, 家禽会誌, 24, 32-38.
- 31) Snapir, N., Robinzon, B., Hoffman, Y. and Berman, A., 1982, *Poult. Sci.*, 61, 1720-1728.
- 32) Hafez, E.S.E., 1969, *Lea & Febiger, Philadelphia*, 9, pp1-17.