

## 犬の汗腺の機能組織学研究：IV. 薬物刺激による eccrine汗腺の細胞学的変化および腺細胞内PAS陽性 物質の定量的変動

高原, 斉  
九州大学農学部畜産学教室

加藤, 嘉太郎  
九州大学農学部畜産学教室

<https://doi.org/10.15017/23008>

---

出版情報：九州大学農学部学藝雑誌. 23 (3), pp.91-101, 1968-03. 九州大学農学部  
バージョン：  
権利関係：

## 犬の汗腺の機能組織学的研究

IV. 薬物刺激による eccrine 汗腺の細胞学的変化  
および腺細胞内 PAS 陽性物質の定量的変動

高原 齊・加藤 嘉太郎

Functional histology of the sweat gland of the dog  
IV. Cytological changes of the eccrine sweat gland and  
the quantitative variation of PAS positive materials  
contained in the cytoplasm of the gland cells  
following the pharmacological stimuli

Hitoshi Takahara and Yoshitaro Kato

## 緒 言

犬の発汗作用に関しては古くから疑問がもたれていた。そして現在もまだこの疑問に対する正確な解答は与えられていない。最近、著者らは時事通信社から出版された Life nature library の中の The mammals (R. Carrington 1964) で「暑熱に対して哺乳類の体は常に適度の体温を維持し、その場合皮膚が重要な役割を果たす。馬は全身から汗を流して熱を放散するが、コヨーテや犬のような食肉類は激しく喘ぐことにより舌から汗を出す」という記載を読んだ。この表現は非常に興味があるが、いかに食肉類で汗腺の発達が悪いとはいえ「舌から汗を出す」とは少々飛躍しすぎた表現であろう。

著者らはこれまで正常時の犬の汗腺について組織学的観察を主体として研究を続けてきた。一般に動物組織の形態学的観察のみによりその組織の機能的意義を推論することはしばしば危険性をともなうといわれる。しかし、形態学的観察とともに他の物理的あるいは化学的計測を加えてそれらの機能的意義を追及することは動物の生体機構を把握する手段として非常に効果的な方法であると信ずる。本研究では薬理学的操作により細胞の機能を変化させ、そのときの細胞学的変化および含有物の細胞内変動を物理的あるいは化学的に追及することによつて、その動物の生体機構を解明しようとするところからみたものである。

犬の eccrine 汗腺は指趾端の肉球部皮下に存在するが、それらが生理学的に機能を有するか否かについてはまだ明らかにされていない。伊東 (1949) は哺乳

類の eccrine 汗腺の腺細胞に暗調細胞 (dark cell) と明調細胞 (clear cell) の2種類が存在し、それが apocrine 汗腺と異なる大きな特長であると報告した。塚越 (1951) は犬の eccrine 汗腺の形態学的構造を人のそれと比較して、犬ではまだ2種類の腺細胞の識別は明瞭でなく、系統発生的に人よりかなり分化が遅れていると報告した。

Eccrine 汗腺細胞の組織化学的研究については数多くの報告がある。Montagna ら (1953) は人の eccrine 汗腺で clear cell にグリコーゲンを、dark cell に粘液多糖類を含むことを報告した。Lee (1960), Munger (1961) は同様に人の eccrine 汗腺で2種類の腺細胞の含有物の相違から、それらがそれぞれ異なる機能を有するものであろうと推察している。さらに Dobson ら (1958a, b) は人の eccrine 汗腺で強制発汗による粘液多糖類およびグリコーゲン量の細胞内変動を観察し、その生理学的意義について報告している。著者ら (1965b) は犬の eccrine 汗腺でも dark cell と clear cell の2種類の腺細胞を明瞭に識別し、それらの腺細胞はそれぞれ粘液多糖類およびグリコーゲンを含有することを報告した。本研究では発汗剤注射による犬の eccrine 汗腺の細胞学的変化および細胞内 PAS 陽性物質の定量的変動を顕微分光測光法的に追及し、それらの2種腺細胞が形態学的にも生理学的にも、顕著な変化を示すことを認めたので、それらについて報告する。

## 材料および方法

実験動物は Table 1 に示すように12頭の健康な犬

Table 1. Materials used in this study.

No.	Species	Sex	Age (year)	B. W.* (kg)	B. L. † (cm)	Sudorific agents
1	Mongrel	♀	1.5	7.8	56	Adrenaline chloride (Sankyo Co.)
2	"	♂	1.8	7.3	55	
3	"	♂	2.5	14.0	61	
4	"	♀	2.7	13.4	60	
5	Mongrel	♂	1.5	7.4	51	Acetylcholine chloride (Katayama Chem. Co.)
6	"	♀	1.8	9.7	48	
7	"	♀	2.1	15.0	62	
8	"	♀	4.0	15.3	64	
9	Mongrel	♀	1.8	14.0	62	Mecholyl chloride (Katayama Chem. Co.)
10	"	♂	2.5	8.3	52	
11	Mongrel	♀	1.7	8.1	48	Pilocarpine hydrochloride (U. S. P. XIV)
12	"	♂	5.0	22.8	72	

\* B. W. : Body weight, † B. L. : Body length.

Table 2. Sampling at various times after intradermal injection of sudorific agents.

Periods (minutes)	Parts of sampling	
	Experimental group	Control group
Before injection	2nd digital pad of the right fore paw	2nd digital pad of the left fore paw
5	3rd "	3rd "
10	4th "	4th "
15	2nd digital pad of the right hind paw	2nd digital pad of the left hind paw
30	3rd "	3rd "
120	4th "	4th "
1440	Metacarpal and metatarsal pads of the right side	Metacarpal and metatarsal pads of the left side

で、各種発汗剤を各々 0.2 ml 局部皮内注射して一定の経過時間後、Table 2 に示す部位において材料を採取した。それらの対照区には発汗剤を含まない生理的食塩水のみを同量相対的部位に注射し、同様に材料を採取した。発汗現象の確認は肉眼的所見とともに Wada and Takagaki (1948) によるヨード澱粉反応を使用した。

固定には 10% formalin, Zenker-formol, Carony および Gendre 液を使用、6~8 μ の Celloidin-paraffin 連続切片を作り、H-E, Heidenhain's iron hematoxylin, toluidin blue および PAS の各染色を行なつて観察した。

顕微分光測光法では確実に 8 μ の組織切片を作り、PAS 染色 (McManus 法-Schiff reagent は pH 2.8~3.0 に調整) を用いたが、酸化および染色時間を厳密に一定にするなど測定条件を統一するためとくに留意した。装置はオリンパス製 Microspectrophotometer (Type MSP-AIV) を使用した。腺細胞内グリコーゲ

ンの定量は diastase 消化前後における PAS 陽性物質の相対的含有量を求め、その差をグリコーゲンの相対的含有量とした。測定は 1 個体について 30 部位で行ない、その平均値を求めた。測定法は Patau (1952, 1953), Mendelsohn (1958 a, b, 1961) による 2 波長法 (two-wavelength method) および内海、妹尾 (1960) の方法を一部改良した積分法 (scanning method) を用いた。それらの計算法については高原ら (1966) の前報と同じである。

## 観 察

### 肉眼的所見

著者ら (1965 b) は犬の eccrine 汗腺が指趾端の全ての肉球 (手根球, 掌または足底球, および指または趾球) に存在し、それらは組織学的にも大きな相違が認められないことを報告した。各種発汗剤の局部皮内注射により肉球部表面では肉眼的に容易に汗の分泌を観察することができる (Pl. 2, Fig. 1, 2)。それらの

Table 3. Reactivity of sudorific agents in the eccrine sweat gland of the dog.

No.	Sudorific agent	Concentration			
		10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>
1	Adrenaline chloride	—	±	±	+
2		—	—	±	+
3		—	—	±	+
4		—	±	+	+
5	Acetylcholine chloride	+	+	+	+
6		±	+	+	+
7		—	+	+	+
8		±	+	+	+
9	Mecholyl chloride	+	+	+	+
10		±	+	+	+
11	Pilocarpine hydrochloride	—	±	+	+
12		—	—	+	+

分泌液は漿液性で、人の場合とは異なつて皮膚小溝 *Sulci cutis* に分泌される。肉眼的に汗の分泌を観察できるのは注射後3～5分で、まず肉球周辺部から皮膚小溝にそつて湿潤になり、次第に中央部に波及してその量を増す。各種発汗剤の eccrine 汗腺に対する刺激効果をしらべた結果、Table 3 に示すように acetylcholine や mecholyl などの cholinergic agents の刺激効果が adrenergic agents のそれより強い。また、肉眼的に発汗現象を観察できる最低有効濃度は

cholinergic agents の場合 10<sup>-12</sup> 濃度、adrenergic agents の場合 10<sup>-8</sup> 濃度である。このような肉眼的所見とともに細胞学的にもかなり顕著な変化を示す。

細胞学的変化

犬の eccrine 汗腺には dark cell と clear cell の2種類の腺細胞が存在するが、それらの細胞学的所見に

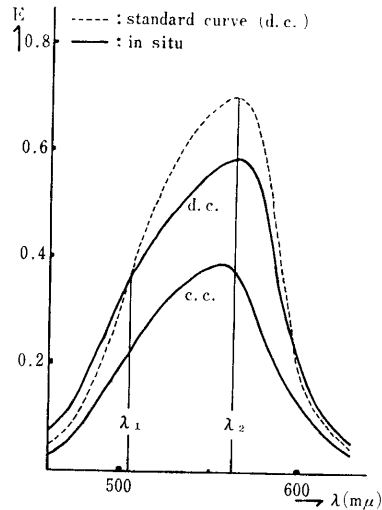


Fig. 1. Absorption curves of PAS stain in the eccrine sweat gland of the dog. d. c.: dark cell, c. c.: clear cell.

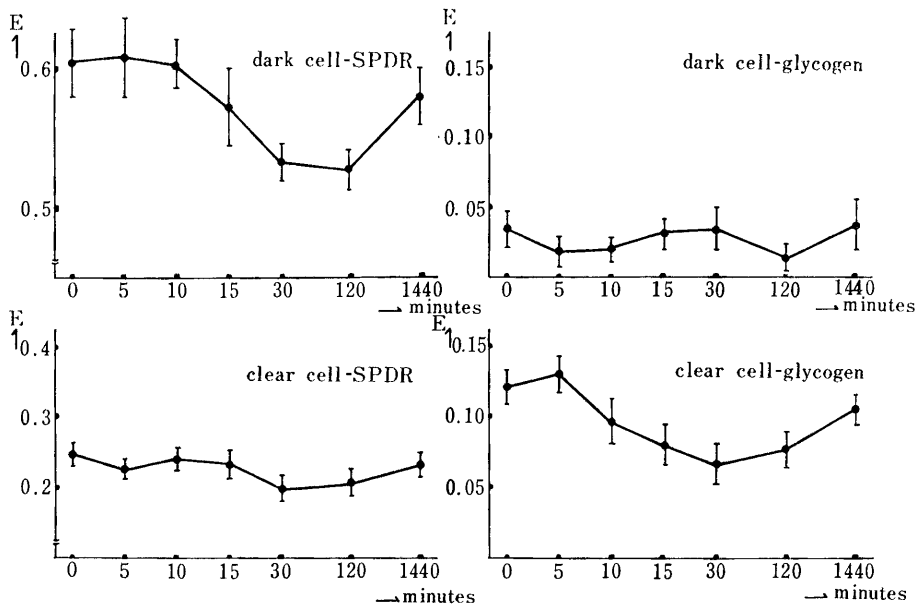


Fig. 2. Variation of relative amounts of SPDR and glycogen contained in the eccrine sweat gland of the dog after intradermal injection of acetylcholine (two-wavelength method)

Table 4. Relative amounts of SPDR and glycogen contained in the eccrine sweat gland following the pharmacological stimuli (two-wavelength method).

Times after injection (minutes)	Fix.*	SPDR		Glycogen	
		Dark cell (L <sub>1</sub> C)	Clear cell (L <sub>1</sub> C)	Dark cell (L <sub>1</sub> C)	Clear cell (L <sub>1</sub> C)
a) Cholinergic agente injection					
Before injection	C	0.569±0.020 †	0.236±0.021 †	0.047±0.024 †	0.102±0.013 †
	G	0.602±0.024	0.251±0.031	0.053±0.013	0.120±0.016
5	C	0.604±0.027	0.223±0.013	0.025±0.012	0.111±0.015
	G	0.612±0.023	0.236±0.012	0.029±0.012	0.143±0.014
10	C	0.587±0.023	0.232±0.011	0.020±0.010	0.091±0.019
	G	0.593±0.025	0.242±0.019	0.028±0.019	0.105±0.014
15	C	0.541±0.019	0.213±0.017	0.038±0.014	0.087±0.014
	G	0.582±0.030	0.220±0.018	0.050±0.013	0.083±0.016
30	C	0.528±0.013	0.186±0.013	0.028±0.013	0.072±0.013
	G	0.530±0.021	0.230±0.013	0.033±0.010	0.080±0.020
120	C	0.521±0.020	0.190±0.018	0.022±0.008	0.061±0.011
	G	0.527±0.021	0.219±0.010	0.031±0.015	0.058±0.013
1440	C	0.541±0.016	0.228±0.016	0.048±0.019	0.084±0.015
	G	0.560±0.015	0.243±0.012	0.042±0.017	0.140±0.020
b) Adrenergic agents injection					
Before injection	C	0.571±0.023	0.249±0.019	0.053±0.018	0.120±0.012
	G	0.580±0.020	0.243±0.013	0.077±0.028	0.135±0.019
5	C	0.584±0.030	0.237±0.020	0.057±0.020	0.109±0.019
	G	0.593±0.025	0.242±0.011	0.073±0.021	0.120±0.013
10	C	0.563±0.020	0.226±0.021	0.043±0.014	0.109±0.020
	G	0.578±0.021	0.210±0.013	0.045±0.018	0.072±0.017
15	C	0.538±0.019	0.218±0.018	0.042±0.013	0.085±0.023
	G	0.565±0.021	0.210±0.018	0.049±0.017	0.068±0.018
30	C	0.540±0.018	0.202±0.019	0.040±0.018	0.053±0.015
	G	0.540±0.021	0.196±0.016	0.043±0.019	0.064±0.018
120	C	0.520±0.021	0.198±0.018	0.038±0.013	0.060±0.016
	G	0.524±0.019	0.218±0.015	0.040±0.016	0.048±0.018
1440	C	0.583±0.022	0.240±0.016	0.060±0.012	0.099±0.014
	G	0.570±0.020	0.250±0.024	0.091±0.013	0.127±0.016

\* Fixation, C: Carnoy, G: Gendre. † Standard error of the mean.

ついてはすでに第II報で報告した。本研究ではその2種類の腺細胞が発汗剤注射後の経過時間とともに種々の形態学的変化を示すことを認めた。

Clear cellは注射後5~10分で大きな腺細胞となり、細胞質内には多量のミトコンドリアおよび酸好性顆粒を含有する(Pl. 3, Fig. 1)。核周辺部とくに核下部には小さな分泌空胞も形成され、時間の経過とともに次第に大きくなり遊離縁へ移行する(Pl. 3, Fig. 2)。核も大きく、明瞭な核小体を1~2コ所有するが、核膜はあまり明瞭でない。通常、clear cellは基

底側よりに、dark cellは腺腔側に位置しているが、発汗剤注射によりとくにclear cellの肥大が顕著となるため腺腔は小さくなる。その後clear cellは次第に腺腔側に膨出し、15~30分後には大きくなった分泌空胞が腺腔側の細胞膜を破つて、その中に含まれる漿液性の分泌液を腺腔内に放出する(Pl. 3, Fig. 3)。分泌液放出後のclear cellは急速に萎縮し、ミトコンドリアや酸好性顆粒も減少して、基底膜に接する細胞質の少ない扁平上皮となる。注射後2時間でほとんどのclear cellは休止期の状態になり、広い腺腔を囲む

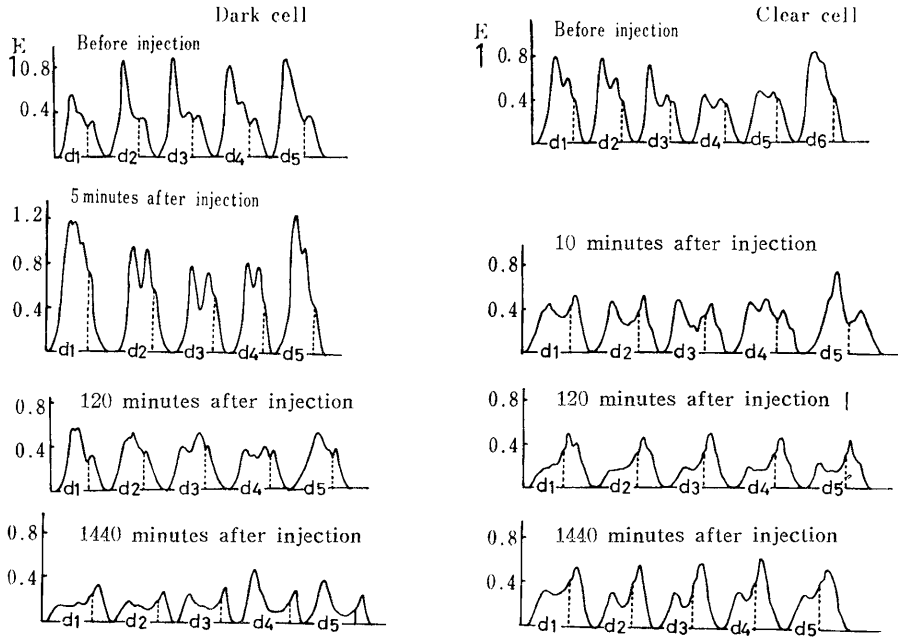


Fig. 3. Extinction curves of PAS positive materials contained in the eccrine sweat gland of the dog at various times after injection of acetylcholine.

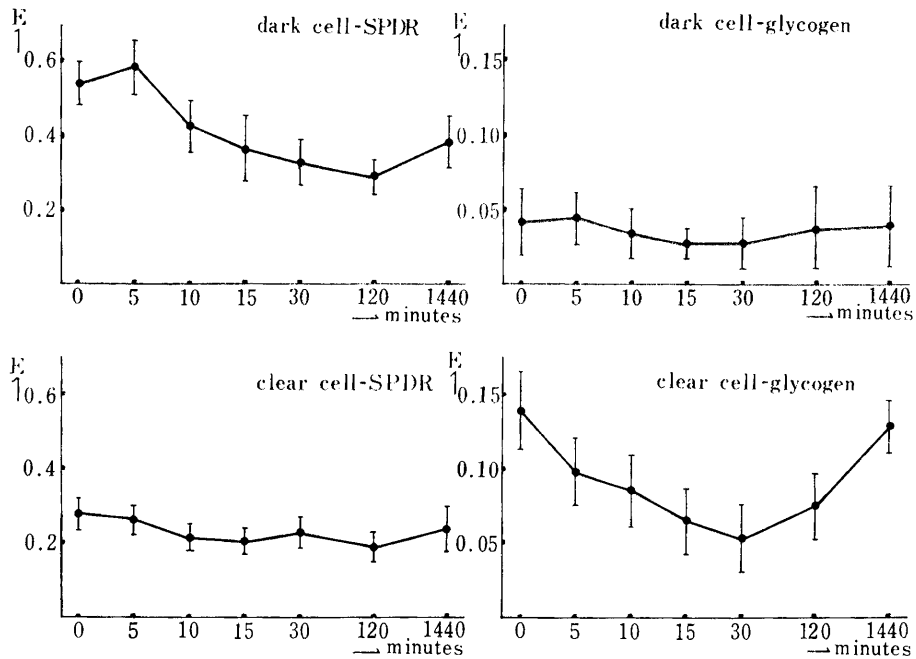


Fig. 4. Variation of relative amounts (optical density) of SPDR and glycogen contained in the eccrine sweat gland of the dog after intradermal injection of acetylcholine (scanning method).

Table 5. Variation of optical density, cell area and total amount of PAS positive materials in arbitrary unit following the intradermal injection of mecholyl (scanning method).

Times after injection (minutes)	Materials	Optical density	Cell area ( $\mu^2$ )	Total amount in arbitrary unit
a) Dark cell				
Before injection	SPDR Glycogen	0.444 $\pm$ 0.024* 0.051 $\pm$ 0.012	59.84 $\pm$ 6.20*	22.164 $\pm$ 4.356* 3.497 $\pm$ 1.890
5	SPDR Glycogen	0.571 $\pm$ 0.020 0.052 $\pm$ 0.009	65.52 $\pm$ 6.83	30.285 $\pm$ 5.093 5.699 $\pm$ 1.932
10	SPDR Glycogen	0.449 $\pm$ 0.017 0.035 $\pm$ 0.008	54.38 $\pm$ 7.35	21.494 $\pm$ 3.202 4.599 $\pm$ 1.217
15	SPDR Glycogen	0.358 $\pm$ 0.015 0.043 $\pm$ 0.008	51.12 $\pm$ 5.98	17.643 $\pm$ 3.843 5.155 $\pm$ 1.203
30	SPDR Glycogen	0.330 $\pm$ 0.019 0.029 $\pm$ 0.010	47.36 $\pm$ 4.83	17.574 $\pm$ 4.256 4.710 $\pm$ 0.935
120	SPDR Glycogen	0.278 $\pm$ 0.016 0.037 $\pm$ 0.012	53.25 $\pm$ 5.80	10.771 $\pm$ 4.108 4.502 $\pm$ 0.987
1440	SPDR Glycogen	0.392 $\pm$ 0.017 0.023 $\pm$ 0.011	54.96 $\pm$ 6.33	24.016 $\pm$ 5.231 5.997 $\pm$ 1.006
b) Clear cell				
Before injection	SPDR Glycogen	0.280 $\pm$ 0.012 0.137 $\pm$ 0.022	7.088 $\pm$ 5.36	18.770 $\pm$ 2.183 10.651 $\pm$ 1.279
5	SPDR Glycogen	0.252 $\pm$ 0.011 0.093 $\pm$ 0.025	65.54 $\pm$ 4.80	16.935 $\pm$ 1.927 8.079 $\pm$ 1.003
10	SPDR Glycogen	0.233 $\pm$ 0.018 0.085 $\pm$ 0.022	68.08 $\pm$ 4.77	17.878 $\pm$ 2.001 6.675 $\pm$ 1.015
15	SPDR Glycogen	0.201 $\pm$ 0.010 0.076 $\pm$ 0.021	57.60 $\pm$ 5.05	17.665 $\pm$ 2.135 4.522 $\pm$ 0.983
30	SPDR Glycogen	0.227 $\pm$ 0.012 0.052 $\pm$ 0.026	60.08 $\pm$ 5.17	16.605 $\pm$ 2.476 2.307 $\pm$ 0.886
120	SPDR Glycogen	0.213 $\pm$ 0.017 0.067 $\pm$ 0.020	56.76 $\pm$ 8.21	17.995 $\pm$ 2.122 4.785 $\pm$ 0.980
1440	SPDR Glycogen	0.242 $\pm$ 0.016 0.101 $\pm$ 0.023	70.16 $\pm$ 6.38	17.180 $\pm$ 1.998 9.100 $\pm$ 1.104

\* Standard error of the mean.

扁平上皮として観察される (Pl. 2, Fig. 4 および Pl. 3, Fig. 1). 24時間後にはほぼ正常な状態にまで回復するものと思われる (Pl. 4, Fig. 1).

Dark cell は PAS 陽性の粘液多糖類を多く含むので clear cell と明瞭に区別されるが, 本細胞は発汗剤注射後 5~10分ですらに強い PAS 陽性を示す. それらの PAS 陽性物質は diastase 消化を行なつてもほとんど変化がなく, したがってこの時期には clear cell との識別が一層容易である (Pl. 4, Fig. 2). 細胞質内には多くのミトコンドリアや塩基好性の細胞質

顆粒を含有し, それらは clear cell の場合と同様に注射後の経過時間とともに規則的な増減を示す. 核は塩基好性で, clear cell のそれよりやや小型であり, 核小体も小さいが, 核膜は比較的明瞭である. Clear cell とは異なり発汗剤注射による分泌空胞の形成は観察されない. 2時間後の dark cell は休止期に入り, 広い腺腔を介して扁平上皮として観察されるが, まだ相当多量の PAS 陽性顆粒を残存している. 24時間後には clear cell と同様にはほぼ正常な状態まで回復するものと思われる.

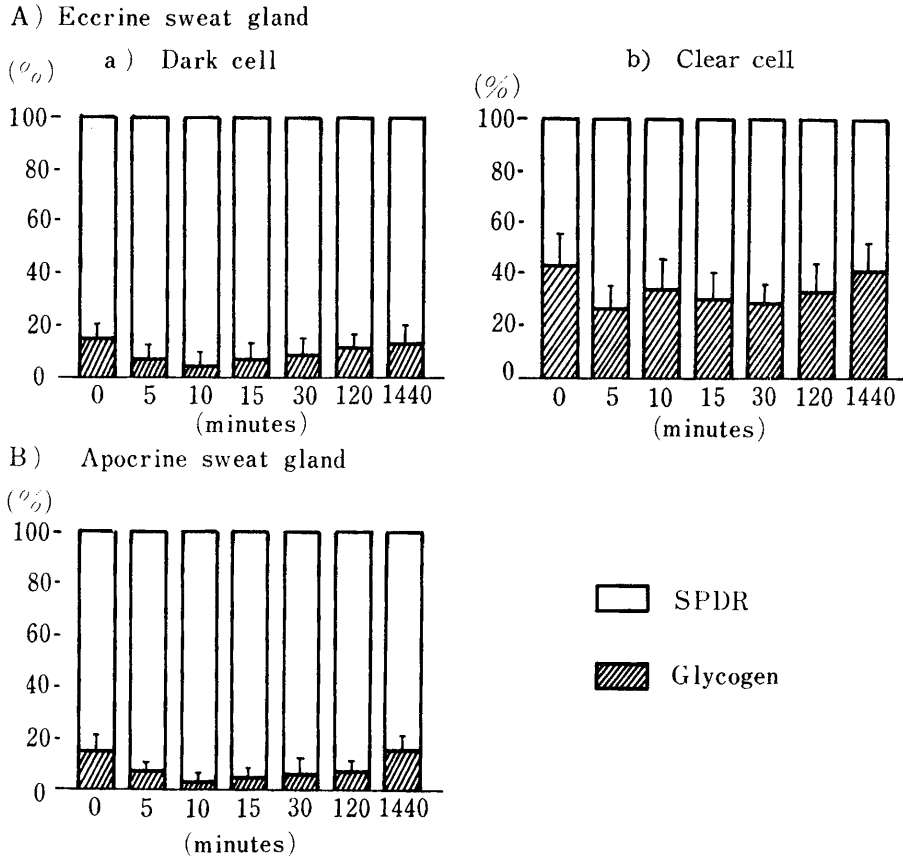


Fig. 5. Ratio of glycogen and SPDR in the PAS positive materials contained in the sweat gland of the dog after intradermal injection of acetylcholine.

筋上皮細胞，基底膜および結合組織鞘も発汗剤注射により種々の機能的変化を示すが，前報における apocrine 汗腺の場合ほど顕著ではない。

**顕微分光測光法による PAS 陽性物質の細胞内変動**  
 著者ら（1964）は先に犬の eccrine 汗腺細胞にも多量の PAS 陽性物質が存在し，dark cell に粘液多糖類，clear cell にはグリコーゲンを多く含有することを報告した。本研究では発汗剤注射により上記腺細胞内に含まれる PAS 陽性物質の細胞内変動を顕微分光測光法的に追及した。

**a) 2 波長法による測定結果**

腺細胞内に含まれる PAS 陽性物質の吸収曲線は basic fuchsin の吸収特性を表わしている（Fig. 1）。Dark cell 内の PAS 陽性物質の最大吸収波長（ $\lambda_2$ ）は前報における apocrine 汗腺の場合と同様に 560～567  $m\mu$  の範囲内にあり， $\lambda_1$ （1/2 Emax.）は 500～507  $m\mu$  であった。しかし，clear cell 内 PAS 陽性物質

のそれは  $\lambda_2=557\sim565 m\mu$ ， $\lambda_1=495\sim500 m\mu$  で，前者にくらべてわずかに短波長にずれる傾向がある。各種発汗剤注射による細胞内粘液多糖類（以下これを SPDR と略称）およびグリコーゲンの変動を示すと Table 4 および Fig. 2 のとおりである。この方法による測定結果から主に dark cell は SPDR を，clear cell はグリコーゲンを含有し，それらが発汗剤注射により顕著に変動することがあきらかである。SPDR は注射後 30 分～2 時間で，グリコーゲンは 15～30 分でそれぞれ最小値を示す。しかし，それらの変動とは別に dark cell 内にグリコーゲン，clear cell 内にも SPDR をわずかながらそれぞれ含有していることも示している。

**b) 積分法による測定結果**

Acetylcholine 注射後における各時期の細胞について求めた吸光度曲線を示すと Fig. 3 のとおりで，個々の細胞の吸光度は注射後の経過時間により著しく



変動する。しかし、腺細胞の大きさは前報における apocrine 汗腺の場合ほど変動を示さない。各種発汗剤注射による dark cell および clear cell の SPDR およびグリコーゲンの相対的含有量を示すと Table 5 および Fig. 4 のとおりである。発汗剤注射による PAS 陽性物質の細胞内変動は積分法でも顕著に観察され、dark cell 内 SPDR は2時間後に、clear cell 内グリコーゲンは30分後に最小値を示す。また、dark cell 内グリコーゲンおよび clear cell 内 SPDR の存在も2波長法の場合と同様に確認されたが、発汗剤注射によるそれらの変動は顕著でない。Acetylcholine 注射後の経過時間にもなうグリコーゲン量の変動を SPDR との比(百分率)で表わすと Fig. 5 のとおりで、dark cell と clear cell では明らかに異なる。これは両者間で機能的相違を示す証拠で、前報における apocrine 汗腺細胞のそれと比較すると、dark cell が apocrine 汗腺の場合とよく類似した傾向を示している。Pl. 4, Fig. 3 および 4 は、同法による測定中の組織像を示したものである。

## 考 察

Eccrine 汗腺の神経支配に関する研究は人やその他数種の動物において数多く行なわれているが、それらは大部分が交感神経支配であることを明らかにしている。Dale ら(1934)は猫の eccrine 汗腺が形態学的に交感神経支配であるにもかかわらず薬理学的には cholinergic であることを報告した。また、Wada ら(1948)は人の eccrine 汗腺が acetylcholine 注射により発汗現象を示し、その最小有効濃度は  $10^{-12}$  であるが、年齢や性によりかなり相違があることを報告した。

犬の eccrine 汗腺の神経支配に関してはまだ明らかにされていない。しかし、他の動物と同様にそれらは形態学的に交感神経支配であることが考えられ、本実験の結果薬理学的には人や猫の場合と同様に adrenergic であるとともに cholinergic であることが明瞭である。

薬物刺激による犬の eccrine 汗腺の発汗現象は発汗剤の種類および濃度により大きく影響される。一般に cholinergic agents に対する反応が adrenergic agents に対するそれより強く、前者ではすでに  $10^{-12}$  濃度で発汗現象を観察できるのに対し後者ではそれが  $10^{-8}$ ~ $10^{-4}$  濃度で発現する程度である。このような傾向は人や猫の eccrine 汗腺でも全く同じである

(Wada and Takagaki 1948, Randall and Kimura 1955, Nakamura and Hatanaka 1958)。

発汗剤注射後皮膚表面における発汗現象を観察すると、犬の足裏では皮膚小溝にそつて汗が流出する。これは人の eccrine 汗腺の場合と明らかに異なる。Montagna (1956), Hambrick ら(1955)は人の皮膚面で発汗現象を観察すると、皮膚小稜 *Cristae cutis* にそつて流出することを報告した。犬の足裏肉球部の皮膚を組織学的に観察しても、eccrine 汗腺導管は例外なく皮膚小溝に開口しており、人の場合とは異なる。この相違は生理学的にもかなり違った意味を有するものと推察する。すなわち、犬では eccrine 汗腺の同在する足裏肉球部が常に着地しており、足裏肉球部皮膚の機械的および化学的損傷を防ぐ役目を強くする必要があろう。また、導管の栓塞や細菌の汚染からのがれるためには導管の開口部が皮膚小溝に移動した方が便利であろう。それに反して人では体温調節機能が旺盛で、汗の蒸散作用を助けるためにも開口部は皮膚小稜にある方がより効果的である。

もともと、犬と人の eccrine 汗腺は生理学的にかなり違った機能を有するものと推察される。それは dark cell と clear cell との細胞数を比較した場合、人の eccrine 汗腺より犬の eccrine 汗腺で dark cell が多いことから考えられる。Montagna (1956)は人の eccrine 汗腺では clear cell が多く、dark cell は少ないことを明らかにしたが、黒住ら(1964)は成熟ラットの eccrine 汗腺で逆に dark cell が大部分を占め clear cell は少数であることを報告した。著者らの観察によると犬の eccrine 汗腺は人とラットの中間に位し、dark cell と clear cell の比率はほぼ同数に達するものと考えられる。また、Lee (1960), Munger ら(1961)は人の eccrine 汗腺で dark cell と clear cell とは機能的にも明らかに異なり、dark cell は粘液多糖類を分泌することにより皮膚の保護作業を行なうものと考えた。高原ら(1964)は犬と人の eccrine 汗腺細胞内に含まれる粘液多糖類およびグリコーゲン量を比較して犬の eccrine 汗腺は粘液多糖類を多く含み、人のそれにはグリコーゲンを多く含むことを報告したが、これは犬の eccrine 汗腺が人でみられるような本来の体温調節機能から転じて主に外界からの有害物質の侵入や皮膚の損傷を防ぐ機能を有するようになったものと推察される。

発汗剤注射後の eccrine 汗腺細胞はその経過時間に応じて種々の変化を示す。とくに acetylcholine 注射後の変化は顕著で、clear cell 内分泌空胞の形成な

ど正常時にはみられない種々の細胞学的変化が観察される。Dobson (1958 a, b) は人の eccrine 汗腺で強制発汗により clear cell 内に顕著な分泌空胞の形成を観察しており、黒住ら (1964) もラットの eccrine 汗腺で機能発現時に分泌空胞が形成されることを報告している。このような細胞内分泌空胞の形成は eccrine 汗腺にかぎらず種々の腺細胞でよくみられる機能的変化の一つである。犬の eccrine 汗腺でも例外でなく、clear cell 内には正常時でもしばしば分泌空胞の形成が観察され、明らかに機能を有することを証明している。本研究における acetylcholine や mecholyl 注射後の分泌空胞の出現も実験的な機能的昂進の状態を示すものであろうと推察する。

Dobson ら (1960, 1961) は人の eccrine 汗腺で強制発汗を反復することによりそれらの細胞学的変化を degeneration, adaptation および restoration の3段階に分類した。犬の eccrine 汗腺において同様の実験例はまだないが、本研究における腺細胞の萎縮、その後の回復現象および PAS 陽性物質の細胞内変動などの諸変化はそれらを支持する結果を示している。

犬の eccrine 汗腺 dark cell は粘液多糖類ばかりでなく少量のグリコーゲンを含有する。また、clear cell は逆にグリコーゲンだけでなく粘液多糖類も含有する。Montagna ら (1953) は人の eccrine 汗腺で dark cell にはグリコーゲンが存在しないことを報告した。しかし、Dobson (1958a) は同細胞に少量ながらグリコーゲンを含むことを報告している。この dark cell 内グリコーゲンは先に著者ら (1965 a, 1966) が報告した犬の apocrine 汗腺細胞内グリコーゲンと同様におそらく粘液多糖類分泌に要するエネルギーの一部として働くものと推察される。

Dobson (1958 a) は人の eccrine 汗腺で強制発汗 1 時間後に細胞内 PAS 陽性物質が顕著な減少を示し、分泌した汗には粘液多糖類を含むことを明らかにした。それらは実験的に導管を閉鎖することによって管腔内に粘液多糖類が蓄積されることから説明される。著者らは犬の eccrine 汗腺で発汗剤注射後の PAS 陽性物質の変動を顕微分光測光法的に追及して、それらが経過時間とともに規則的な変動を示すことを観察した。すなわち、注射後 2 時間で dark cell 内粘液多糖類は最小値を示し、正常な場合の約 1/2 量に減少する。また、clear cell 内グリコーゲンは注射後 30 分で最小になり、正常時の 1/2~1/3 量に減少する。グリコーゲンの細胞内変動については Shelley ら (1952) がすでに人の eccrine 汗腺で腺部において

も導管においても発汗と同時に減少することを報告し、Dobson (1958a) も発汗 1 時間後とくに腺部 clear cell 内において顕著な減少を示し、3~6 時間後にはほとんど消失することを認めている。

このような細胞学的変化や PAS 陽性物質の変動がそのまま正常な状態でも行なわれると考えるのは早計であるが、かかる薬物刺激により規則的な生理機能の変化を観察することができるのはそれが機能汗腺であることを証明するものであろう。前報における犬の apocrine 汗腺と同様に、eccrine 汗腺も明らかに機能を有するものと推察する。

## 総 括

犬の eccrine 汗腺が足裏肉球部に局在することは明らかであるが、それらの機能についてはまだ明らかにされていない。本研究は薬物刺激による同汗腺の細胞学的変化および PAS 陽性物質の細胞内変動を顕微分光測光法的に追及して、その生理機能を明らかにしようとしたものである。結果は次の通り。

1) 犬の eccrine 汗腺は apocrine 汗腺と同様に cholinergic agents にも adrenergic agents にも反応する。とくに前者に対する反応が鋭敏で、 $10^{-12}$  濃度ですでに発汗作用がみられる。

2) 発汗剤注射後の足裏肉球部皮膚表面では肉眼的にも容易に汗の分泌が認められ、人とは異なり皮膚小溝にそって流出する。

3) 細胞学的変化も顕著で、とくに clear cell 内では acetylcholine 注射により多くの分泌空胞の形成が観察される。そのほか、dark cell 内においてもミトコンドリア、分泌顆粒および PAS 陽性物質の規則的な変動が観察される。

4) PAS 陽性物質の細胞内変動を顕微分光測光法的に追及すると、発汗剤注射後の腺細胞の細胞学的変化に応じて顕著な変動を示す。Dark cell 内粘液多糖類は発汗剤注射後一時的に増量し、2 時間後に最小値を示すのに対して、clear cell 内グリコーゲンは注射直後から急激に減少し、その 2 時間後にはやや回復現象がみられる。このように dark cell と clear cell の 2 種腺細胞は形態学的にも細胞化学的にも明らかな相違が認められ、それぞれ独自の機能を有するものと推察する。

5) 犬の eccrine 汗腺の生理機能は人の eccrine 汗腺でみられる本来の体温調節機能とは多少異なり、かなり多量の粘液多糖類を分泌するが、それは皮膚表面の機械的および化学的損傷を防いだり、外界からの

有害物質の侵入に対する防禦機能をたかめるためのものと推察する。

### 文 献

- 1) Dale, H. H. and W. Feldberg, 1934. *J. Physiol.*, 82 : 121-128.
- 2) Dobson, R. L., V. Formisano, W. C. Lobitz, Jr. and D. Brophy, 1958a. *J. Invest. Dermatol.*, 31 : 147-159.
- 3) Dobson, R. L. and W. C. Lobitz, Jr., 1958b. *J. Invest. Dermatol.*, 31 : 207-213.
- 4) Dobson, R. L., 1960. *J. Invest. Dermatol.*, 35 : 195-198.
- 5) Dobson, R. L., D. C. Abele and D. M. Hale, 1961. *J. Invest. Dermatol.*, 36 : 327-335.
- 6) Hambrick, G. W., Jr., and H. Blank, 1955. *J. Invest. Dermatol.*, 23 : 437-453.
- 7) 伊東俊夫, 1949. *医学の進歩*, VI : 106.
- 8) 伊東俊夫・成田安弘・角田公男・新藤勝己, 1956. *日組録*, 10 : 381-398.
- 9) 黒住一昌・松沢達治, 1964. *細胞化学シンポジウム*, 14 : 261-273.
- 10) Lee, M. C., 1960. *Anat. Rec.*, 136 : 97-105.
- 11) Mendelsohn, M. L., 1958. *J. B. B. C.*, 4 : 407-414.
- 12) —, 1958. *Ibid.*, 4 : 415-424.
- 13) —, 1961. *Ibid.*, 11 : 509-513.
- 14) Montagna, W., H. B. Chase and W. C. Lobitz, Jr., 1953. *J. Invest. Dermatol.* 20 : 415-423.
- 15) Montagna, W., 1956. *The structure and function of skin*, 1st ed. 87-127. Academic Press.
- 16) Munger, B. L., 1961. *J. B. B. C.*, 11 : 385-402.
- 17) Nakamura, Y. and K. Hatanaka, 1958. *Tohoku J. Exp. Med.*, 68 : 225-237.
- 18) Patau, K., 1952. *Chromosoma*, 5 : 341-362.
- 19) Patau, K. and H. Swift, 1953. *Chromosoma*, 6 : 149-169.
- 20) Randall, W. C. and K. Kimura, 1955. *Pharmacol. Rev.*, 7 : 365-397.
- 21) Shelley, W. B. and H. Mescon, 1952. *J. Invest. Dermatol.* 18 : 289-301.
- 22) 高原齊・加藤嘉太郎, 1964. *日畜会報*. 35 (特別号) : 123-130.
- 23) 高原齊・加藤嘉太郎, 1965 a. *九大農芸誌*. 21(4) : 329-334.
- 24) 高原齊・加藤嘉太郎, 1965 b. *九大農芸誌*, 21(4) : 335-339.
- 25) 高原齊・加藤嘉太郎, 1966. *九大農芸誌*, 22(2) : 207-216.
- 26) 塚越昇, 1951. *日組録*, 2 : 481-497.
- 27) 内海耕榎・妹尾左知丸, 1960. *細胞化学シンポジウム*, 10 : 221-232.
- 28) Wada, M. and T. Takagaki, 1948. *Tohoku J. Exp. Med.* 49 : 284.

### Résumé

Although it is well known that eccrine sweat glands are found in the skin of foot pads of the dog, functional activity of the glands is still unknown. In this paper, by means of microspectrophotometry, the authors studied cytological changes of these glands induced by the pharmacological stimuli. The results obtained are as follows :

1) Eccrine sweating is responsible for the cholinergic agents as well as the adrenergic ones likely the results of the case in the apocrine glands previously reported. Of the two agents the former is especially sensitive. The minimum effective concentration of the cholinergic agents required to produce partial sweating is as low as  $10^{-12}$ .

2) Sweating is easily observed by the naked eye when injected the agents intradermally in the skin of the foot pads. On the contrary of the fact that the orifices of human eccrine ducts open on the surface of the epidermal ridge, the ducts of the dog open through the epidermal furrows of the skin.

3) Marked cytological changes have been found in the eccrine sweat glands following the pharmacological stimuli such as systematic variation of mitochondria, secretion granules and PAS positive materials in dark and clear cells. Especially, many secretion vacuoles are appeared in the cytoplasm of clear cells after the intradermal injection of acetylcholine.

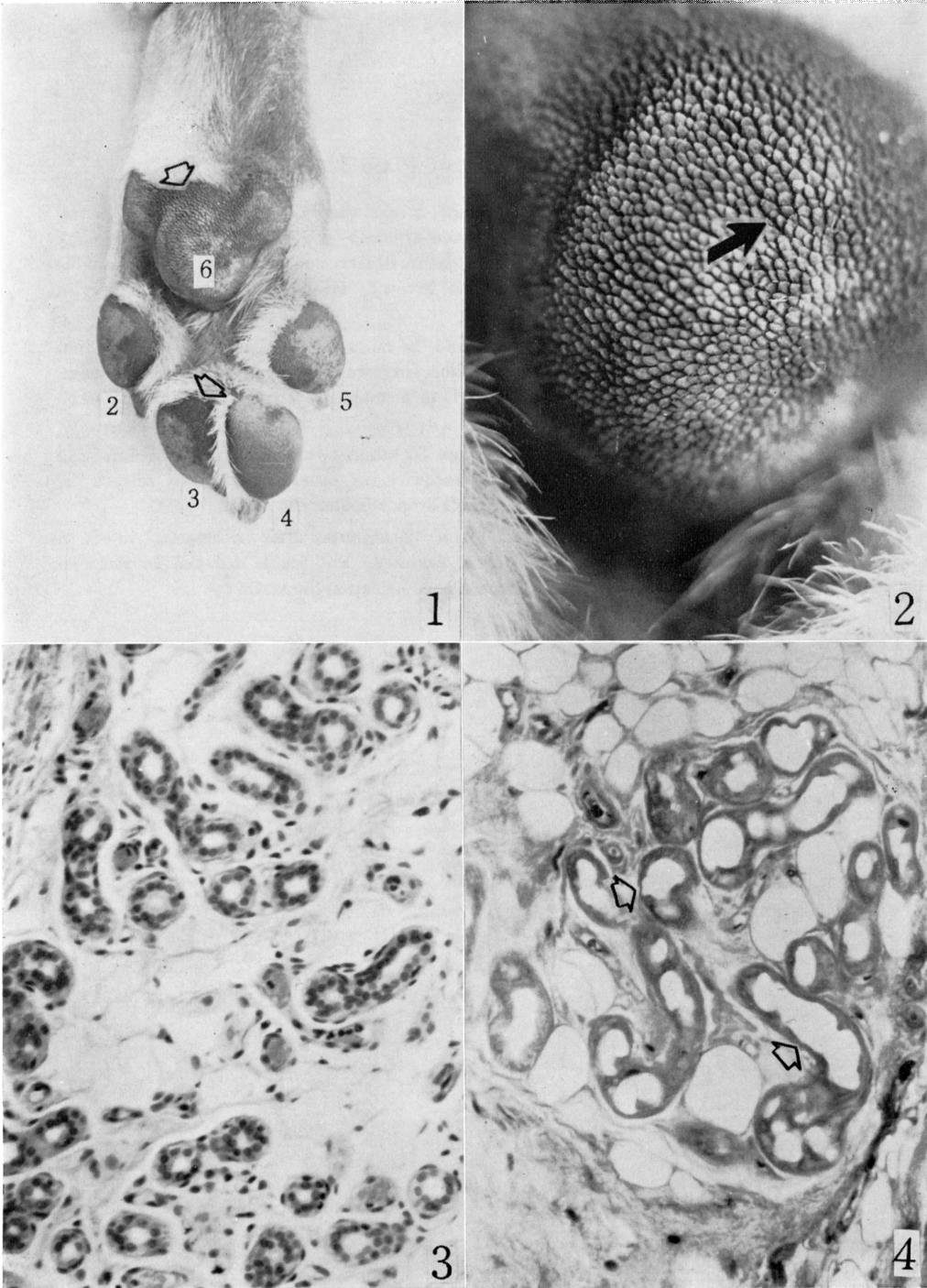
4) Cyclic changes of PAS positive materials contained in the gland cells have been observed microspectrophotometrically following the intradermal injection of sudorific agents. The amounts of mucopolysaccharides in dark cells increase temporarily just after the injection but 2 hours later they decrease to the minimum. On the other hand, the amounts of glycogen contained in clear cells decrease acutely soon after the injection and 2 hours later they seem to increase slightly. From morphological and physiological point of view, these phenomena suggest that two cell types are differentiated into quite different types respectively.

---

5) It has been supposed that physiological significance of the eccrine glands in the dog will be the mechanical defense from the circumstances by its secretory fluid including a large amounts of mucopolysaccharides.

### Explanation of Plate 2

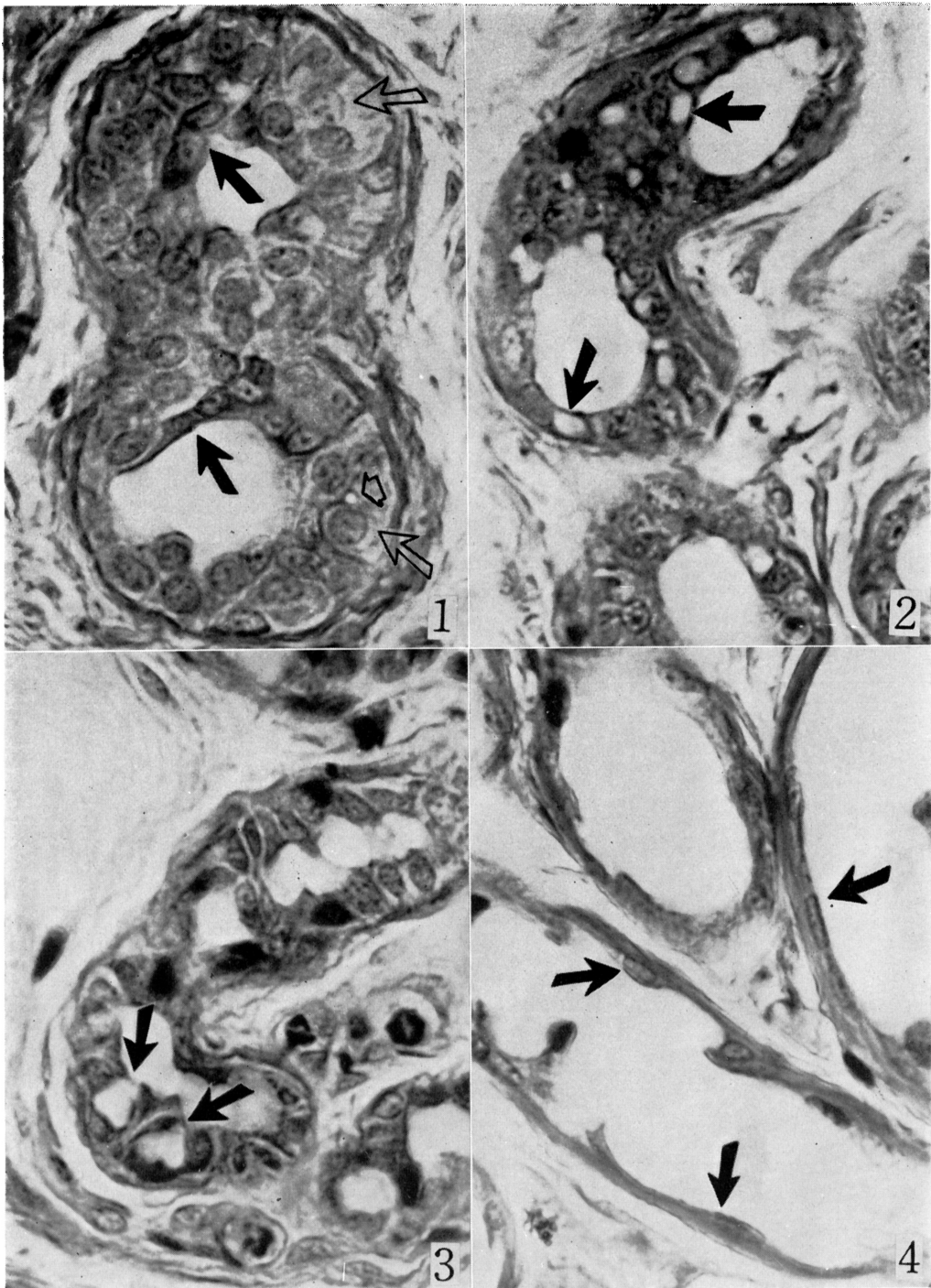
- Fig. 1. Aspects of sweat responses in the right hind leg of the dog. Ten minutes after intradermal injection of acetylcholine. Sweat responses seem to begin at the peripheral zone of each pad (arrows), and thereafter spread widely to the central part. 2-5: II-V digital pads, 6: Metatarsal pad.
- Fig. 2. Higher magnification of sweating on the metatarsal pad in Fig. 1. The secretion overflowed into the epidermal furrows (arrow).
- Fig. 3. Secretory coil of the eccrine sweat gland showing an essentially normal appearance. Before injection. H-E stain.  $\times 100$ .
- Fig. 4. Secretory coil 120 minutes after intradermal injection of acetylcholine. Conspicuous morphological changes are observed that epithelial cells became flattened (arrows) and the lumen dilated due to a reduction in size of the secretory cells. Heidenhain's iron hematoxylin stain.  $\times 100$ .



犬の汗腺の機能組織学的研究 (IV)

### Explanation of Plate 3

- Fig. 1. A normal appearance of an eccrine sweat gland. Before injection. Many distinct large clear cells (large white arrows) and small dark cells (black arrows) line the secretory tubule. Intercellular canaliculi is also detectable between the clear cell (small white arrow). Heidenhain's iron hematoxylin stain.  $\times 400$ .
- Fig. 2. Secretory segment of the sweat gland 15 minutes after intradermal injection of acetylcholine. Marked vacuolization (arrows) of clear cells can be seen. These vacuoles compress the nuclei to a crescent shape. Heidenhain's iron hematoxylin stain.  $\times 400$ .
- Fig. 3. Secretory segment of the sweat gland 30 minutes after intradermal injection of mecholyl. Two large vacuoles (arrows) are observed ready to release the secretion into the lumen. Heidenhain's iron hematoxylin stain.  $\times 400$ .
- Fig. 4. Secretory segment of the sweat gland 120 minutes after intradermal injection of acetylcholine. The secretory cells (arrows) are much reduced in size and the lumen was dilated. Heidenhain's iron hematoxylin stain.  $\times 400$ .

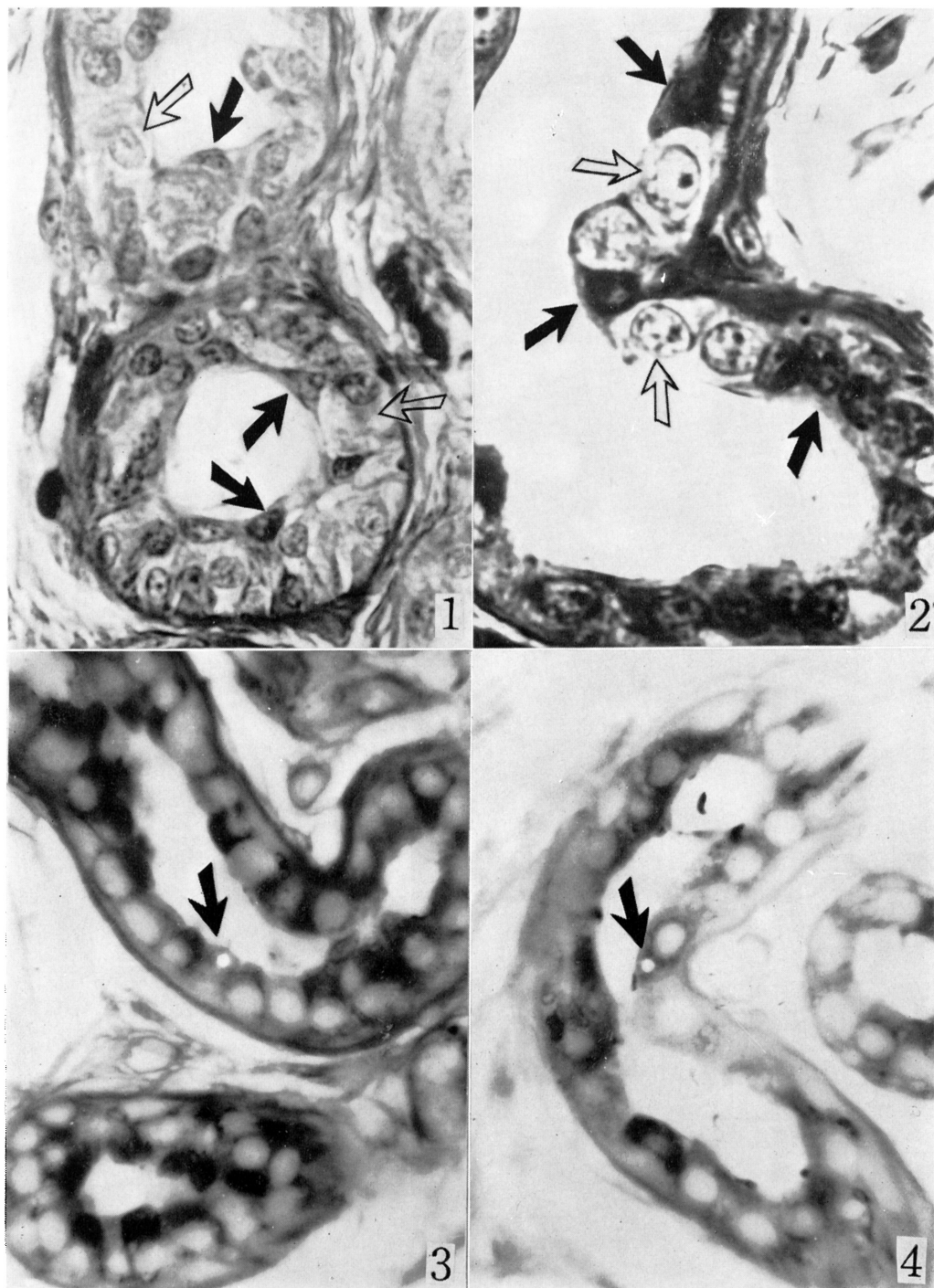


犬の汗腺の機能組織学的研究 (IV)



#### Explanation of Plate 4

- Fig. 1. Secretory segment of the sweat gland one day after intradermal injection of adrenaline. The gland cells (black arrows: dark cells, white arrows: clear cells) recovered normal appearance as in Pl. 3, Fig. 1. Heidenhain's iron hematoxylin stain.  $\times 400$ .
- Fig. 2. Dark and clear cells in the sweat gland. Five minutes after intradermal injection of mecholyl. These two cell types (arrows same as in Fig. 1) are distinguishable clearly in this time because of the differences in the amounts of PAS positive materials contained. PAS-hematoxylin stain after diastase digestion.  $\times 400$ .
- Fig. 3. Aspect of measurement in microspectrophotometry. Arrow shows the illuminated area about  $1.6\mu$  in diameter which is situated on the clear cell of the eccrine tubule. Before injection. PAS stain before diastase digestion.  $\times 400$ .
- Fig. 4. Same as in Fig. 3. The spot is situated on the dark cell of the eccrine tubule. 15 minutes after intradermal injection of acetylcholine. PAS stain after diastase digestion.  $\times 400$ .



犬の汗腺の機能組織学的研究 (IV)