

韓牛 眼球의 網膜神經節細胞 數와 分布에 關한 研究

金武剛 · 趙聲煥 · 柳時潤 · 金教準 · 金相根 · 申台均* · 李康伊**

忠南大學校 農科大學 獸醫學科

忠南大學校 醫科大學 解剖學教室*

大田專門大學 看護學科**

((1988. 11. 28 접수))

The number and distribution of reinal ganglion cells in a Korean native cattle

Moo-kang Kim, Sung-whan Cho, Si-yun Ryu, Kyo-joon Kim,

Song-keun Kim, Ta-kyun Shin,* Gang-iee Lee**

Department of Veterinary Medicine, College of Agriculture, Chungnam National University

*Department of Anatomy, School of Medicine, Chungnam National University**

*Department of Nursing, Tae Jon Junior College***

(Received Nov 28, 1988)

Abstract: The number and distribution of the retinal ganglion cells in the 2 years old Korean native cattle was determined from whole flat mounted preparation stained with methylene blue and thionin.

The results were summarized as follows.

1. The total number of retinal ganglion cells was estimated to be 3,085,200 in the bovine retina ranging from 2,214mm² in total area.
2. Visual streak was recognized at the area 2.5mm superior to the optic disc and ganglion cell density drops off rapidly to the directions superior to and inferior to the visual streak.
3. Area centralis (6,800 cells/mm²) was located at the area 10mm temporally from the point of 3mm superior to the optic disc.
4. The number of α -type ganglion cells (above 15 μ) was 57,000 in the bovine retina and α -type ganglion cells constituted 18.5% of the total cells.
5. The relative frequency of α -type ganglion cells was higher in the peripheral regions than in the visual streak, especially higher in the superior-temporal quadrant than in other region of the bovine retina.

Key words: retina, ganglion cell, visual streak, area centralis, optic disc.

緒 論

眼球 網膜에 分布된 神經節細胞는 視覺器系에 重要한 機能을 擔當하는 細胞群으로써 神經節細胞의 形態와 크기에 따라서 또는 生理的 特性에 따라서 大型(α 型), 中型(β 型) 및 小型(γ 型)의 3個型으로 分類되고 있다.¹⁻⁵

특히 大型(α 型)神經節細胞는 빨리 움직이는 영상을 포착하는데 重要한 機能을 擔當하는 것으로 알려지고 있어 Ueshima와 Uehara⁶는 닭의 網膜에서, Wässle 등⁷은 고양이 網膜에서 大型神經節細胞의 總數와 分布 狀態를 觀察한 바 있다.

動物別로는 Peterson과 Ulinski⁸가 저북이에서,

Binggeli와 Paule⁹는 비둘기에서, Kelly와 Gilbert¹⁰, Rowe와 Stone,¹¹ Stone과 Clarke¹², 그리고 Stone과 Fukuda¹³는 고양이에서, Provis¹⁴는 토끼에서 眼球 網膜 神經節細胞의 總數와 分布狀態를 記述한 바 있다. 哺乳類에서 網膜 神經節細胞의 分布狀態는 網膜의 中心部에서 神經節細胞의 密度가 높은 visual streak가 水平帶로 觀察되고 있으며 visual streak의 側頭側에서는 網膜 全面에서 神經節細胞의 密度가 가장 높은 中心窩가 있으나 鳥類에서는 哺乳類와 달리 visual streak가 認定되지 않고 網膜의 側頭側에서 神經節細胞의 密度가 매우 높은 中心窩가 있어 이를 中心으로 周邊部로 갈수록 網膜密度는 感少된다고 한다.^{4,5,9,11,14-20}

著者들은 網膜 神經節細胞의 分布狀態에 關한 一連의 研究로 反芻獸인 韓國在來山羊²⁰에 이어 韓牛에서 網膜 神經節細胞의 總數와 分布狀態를 調査하였던 바 그 結果를 報告하고자 한다.

材料 및 方法

供試材料 및 固定方法 : 도축장에서 처리된 2年生의 비육韓牛로 부터 左側 眼球 10個를 채취하였다. 채취된 眼球는 주위의 脂肪組織, 筋組織 및 기타 結合組織을 除去한 후 Hebel²¹의 方法에 따라 26gauge 注射針으로 10% 中性 formalin液을 眼球가 팽창할 때까지 注入하여 前固定하였다. 그 후 網膜의 固定을 더욱 確實하게 하기 위하여 眼球의 거상연을 따라 에리한 칼로 眼球를 切開하고 繩奉을 利用하여 硝子體를 除去한 후 24時間 동안 再固定하였다.

染色方法 : 再固定된 眼球는 流水에 2時間以上 水洗한 후 0.2% methylene blue와 0.2% thionin 水溶液으로 各各 20分씩 網膜을 染色하였다.²¹ 染色된 網膜은 眼球로 부터 分離한 후 gelatin이 도말된 slide glass 위에 펴고 slide warmer에서 약간 건조시켰으며 95% alcohol에서 differentiation을 거쳐 100% alcohol 및 Xylene을 차례로 통과하여 canada balsam으로 봉입하였다.²¹

神經節細胞의 判定과 細胞數 算定 : 직경 10 μ m 以上の 細胞로써 細胞質內 Nissle 小體가 나타나는 細胞는 神經節細胞로 看做하였으며,^{5,7} 직경 15 μ m 以上の 細胞는 大型(α 型) 神經節細胞로 分類하였다.⁷

細胞數 算定은 光學顯微鏡 450倍下에서 網膜의 whole flat mount를 사방 2mm간격으로 이동하면서 각 視野當 10,000 μ m²內의 神經節細胞數를 400倍하여 이를 4mm²內의 神經節細胞 總數로 看做하고 網膜의 全面에 걸쳐 細胞數를 算定하였다.^{4,19}

神經節細胞의 分布圖作成 : 網膜의 面積을 구하기 위해 microcomputer image analyzer(Ladd Model 40,000)를 利用하였고 神經節細胞 總數의 分布圖 作成은 Hughes¹⁵의 方法에 의거하여 等密度線으로 標識하였고 大型(α 型) 神經節細胞의 分布圖 作成은 Ueshima와 Uehara⁶의 方法에 의거, 各 部位에서, 神經節細胞 總數에 對한 大型(α 型) 神經節細胞의 相對頻度(%)로 나타내었다.

結 果

2年生 韓牛 左側 眼球 10個를 채취하여 網膜標本을 製作하였으나 完成된 whole flat mount는 1個로써 나머지 9個는 眼球로부터 網膜을 分離하는 過程中 또는 脫水 過程中 破損 또는 萎縮되어 實驗에 供試할 수가 없었다.

Whole flat mount의 面積은 2,214mm²이며 視神經斑을 中心으로 側頭側과 鼻側을 區分하였던 바 側頭側의 面積은 1,152mm²이고, 鼻側은 1,062mm²로 나타났다(Table 1).

網膜 神經節細胞의 數는 側頭側이 1,617,600個(52.4%)이며 鼻側에서는 1,467,600個(47.6%)로 總數는 3,085,200個가 認定되어 側頭側에서 鼻側에 비해 多少 많은 神經節細胞가 觀察되었고 網膜全面에서 單位面積(mm²)當 細胞數는 側頭側에서 1,404個, 鼻側에서 1,381個로 平均은 1,393個로 나타났다(Table 1).

大型(α 型) 神經節細胞는 側頭側이 338,000個, 鼻側이 232,000個로 總數는 570,000個가 認定되었으며 網

Table 1. Retinal area and number of retinal ganglion cells in a Korean native cattle

Retinal division	Retinal area (mm ²)	Total number of ganglion cells	Mean number of cells/mm ²	Total large cells	Mean number of large cells
Temporal	1,152	1,617,600(52.4%)	1,404	338,000(59.3%) (20.9%)*	293
Nasal	1,062	1,467,600(47.6%)	1,381	232,000(40.7%) (15.8%)*	218
Total	2,214	3,085,200(100%)	1,393	570,000(100%) (18.5%)*	257

*Remark shows the percentage of total large cells against total number of ganglion cells.

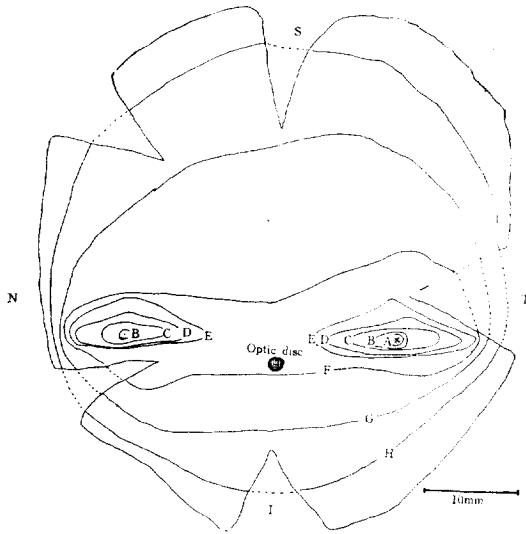


Fig 1. Ganglion cell density map of a Korean native bovine retina from left eye. The thin lines are isodensity lines. Each line encloses an area of retina in which retinal ganglion cell density was above a criterion value, as follows:

- A— 60×10^2 cells/mm² B— 55×10^2 cells/mm²
 - C— 50×10^2 cells/mm² D— 40×10^2 cells/mm²
 - E— 30×10^2 cells/mm² F— 20×10^2 cells/mm²
 - G— 15×10^2 cells/mm² H— 10×10^2 cells/mm²
- Area centralis(*): Peak density of 6,800 cells/mm²

N: nasal T: temporal S: superior
I: inferior

膜神經節細胞總數의 約 18.5%를 차지하였다 (Table 1).

網膜神經節細胞의 分布樣狀을 보면 視神經斑의 背側 3mm部位에서 側頭側 13mm部位는 神經節細胞의 密

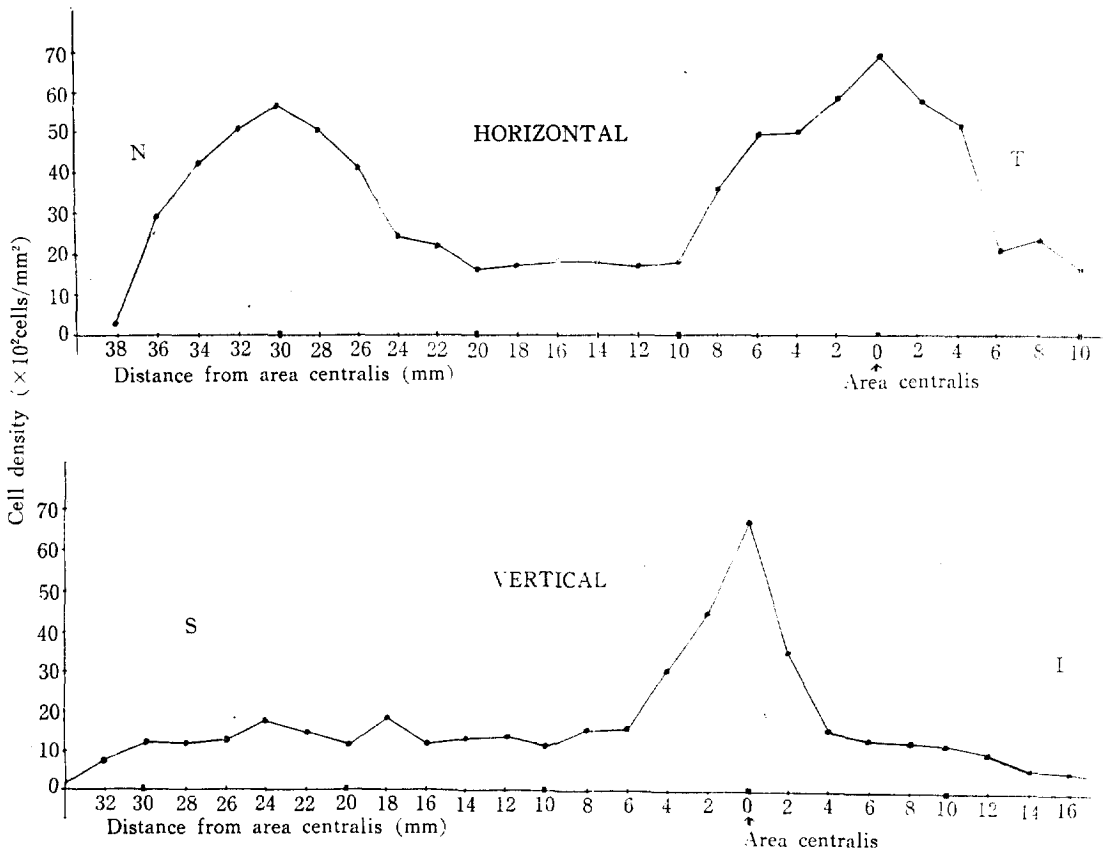


Fig 2. Graphs of the isodensity values for the retinal ganglion cell densities as a function of distance from the area centralis along a horizontal line through the visual streak (upper graph) and along a vertical line through the area centralis (lower graph). N: nasal, T: temporal, S: superior, I: inferior.

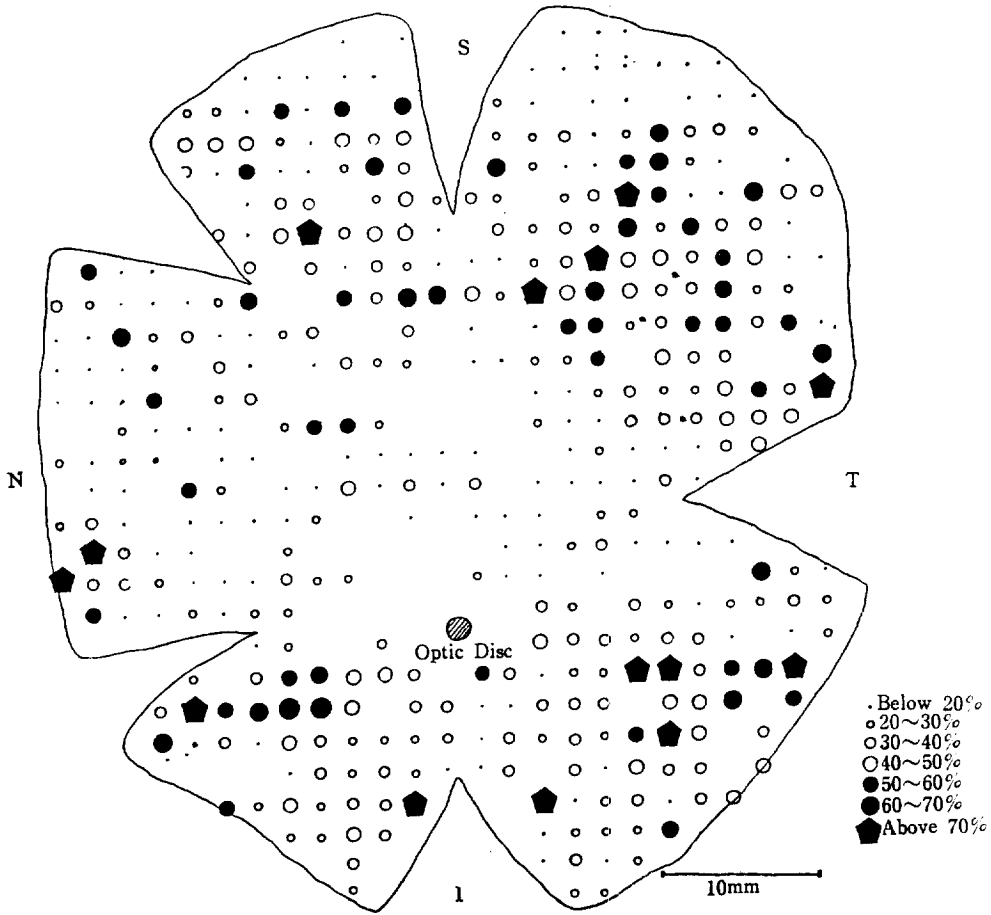


Fig 3. Map of the relative frequency of large cells in the left eye of a Korean native cattle. The large cell proportion is minimal at the area centralis and is high along the periphery of retina, especially superior-temporal division. N: nasal, T: temporal, S: superior, I: inferior.

도가 網膜 全面에서 가장 높은 中心窩(6,800個/mm²)가 認定되었고 視神經斑의 背側 3mm部位에서 鼻側 17mm部位는 中心窩 다음으로 細胞密度가 높은 部分(5,700個/mm²)이 觀察되었으며 網膜의 周邊部로 갈수록 細胞密度는 減少하는 傾向이었다(Fig 1). 그리고 網膜의 部位에 따른 細胞密度의 變化를 보면 中心窩를 통과하는 網膜의 橫軸에서 背側 및 腹側方向으로 갈수록 細胞密度는 현저히 減少하였고 中心窩를 통과하는 縱軸은 橫軸에 비해 比較的 神經節細胞의 密度는 높았으나 網膜의 部位에 따른 細胞密度差는 認定되었다(Fig 2).

大型(α型) 神經節細胞는 網膜全面에서 골고루 觀察되기는 하였으나 各 視野當 大型(α型) 神經節細胞가

出現하는 相對頻도에 있어서는 網膜의 周邊部에서 出現頻도가 높았으며 특히 背側頭側은 다른 部位보다 높게 나타났다(Fig 3).

考 察

網膜의 面積과 神經節細胞 總數에 관하여 Peterson과 Ulinski⁸는 거북이에서 網膜의 面積이 116.5mm²에 350,000~390,000個, Binggeli와 Paule⁹은 비둘기에서 網膜의 面積이 347.2mm²이며 細胞數는 4,806,000個로 報告하였고 Hughes¹⁰는 고양이에서 網膜의 面積이 個體 및 固定方法에 따라 差異가 있으나 7個 網膜의 平均面積은 510mm²라 하고 神經節細胞數의 平均은 217,000個로 報告하고 있다. 김등²⁰은 韓國在來山羊에서 網

膜의面積이 918mm²이며神經節細胞는 1,602,000個가認定된다고하였고本調査에서供試된韓牛의例에서는網膜의面積이 2,214mm²이며神經節細胞는 3,085,200個가認定되고있어動物間眼球의크기에따라網膜의面積과神經節細胞의總數에는상당한差異가認定되었다.

網膜全面에서單位面積(mm²)當神經節細胞의出現頻度を動物別로比較해보면거북이⁸는 3,176個/mm², 비둘기⁹는 13,842個/mm², 닭¹⁹은 15,408個/mm², golden hamster¹⁸에서는 2,326個/mm², north American opossum(Didelphis virginiana)²³에서는 712/個mm², 고양이¹⁶는 425個/mm², 韓國在來山羊²⁰에서는 1,745個/mm²가認定된다고記載하고있어動物에따라심한差異를알수있으며本調査에서供試된韓牛의例에서는 1,393個/mm²로 나타나 opossum,²³ 고양이¹⁶, 보다는 다소 많이出現하고있으나거북이⁸, 비둘기⁹, 닭¹⁹, golden hamster¹⁸, 韓國在來山羊²⁰에비해서는 적은數가認定되었다.

網膜神經節細胞의分布狀態는대부분의哺乳類에서비슷하여視神經斑의背側에서神經節細胞의密度가 높은visual streak^{4,11}가있고토끼에서는다른哺乳類보다visual streak가현저하다¹⁴고하나鳥類는哺乳類와는달리visual streak가認定되지않는다^{6,9,19}고한다. Hebel¹⁵은소에서網膜神經節細胞의分布는視神經斑의背側에서神經節細胞의密度가높다고발표하였으며本調査에供試된韓牛의例에서도視神經斑의背側3mm部位에서網膜의周邊部보다細胞密度가 높은visual streak를認定할수있었다.中心窩는網膜全面中細胞密度가가장높은部分이며그位置는visual streak의側頭側이며單位面積當(mm²)出現細胞數는動物에따라差異가심하여^{2,9,15,16} 고양이에서 9,000~10,000個/mm²,¹⁶ 비둘기에서 40,000個/mm²,⁹ 닭에서 63,200個/mm²,¹⁹ 소에서 5,000個/mm²,¹⁵ rat에서 6,000個/mm²,² hamster에서 5,000~6,000個/mm²,¹⁸ 韓國在來山羊에서 7,700個/mm²²⁰ 등으로나타났으며本韓牛의網膜中心窩에서는 6,800個/mm²가認定되어비둘기⁹와 닭¹⁹에서보다는현저히적게認定되었으며같은反芻獸인韓國在來山羊보다도적게인정되었다.

大型(α 型)神經節細胞는研究者에따라細胞體의크기에따른差異가있어 Ueshima와 Uehara⁶는 닭에서 10 μ m 以上, Stone⁴은 고양이에서 15 μ m 以上, Provis¹⁴는 토끼에서 20 μ m 以上の神經節細胞를大型(α 型)神經節細胞로看做하고있으나 Hokoc와 Oswald-Cruz²²는 opossum의網膜에서大型(α 型)神經節細胞의크기는網膜의部位에따라多少差異는있으나 15~17 μ m

以上の細胞體를大型(α 型)神經節細胞로分類하고있어本調査에서는 Hokoc와 Oswald-Cruz²²의分類方法에의거하여 15 μ m 以上の神經節細胞를大型(α 型)으로看做하였다.

網膜神經節細胞總數에서大型(α 型)神經節細胞가 차지하는比率는動物마다차이가있어 Ueshima와 Uehara⁶는 닭에서神經節細胞總數의 2.1~2.3%가大型(α 型)神經節細胞다하였고 Hughes¹⁶, Stone⁴, Wässle 등⁷은 고양이에서 3~10%가, 김등²⁰은 韓國在來山羊에서 14.6%가大型(α 型)神經節細胞라고하였으나本調査에서는 18.5%의神經節細胞가大型으로分類되고있어 다른어느動物^{4,6,7,16,20}보다出現頻도가높았다. 그러나大型(α 型)神經節細胞의同定에利用되는細胞體의直徑은著者마다조금씩다른점^{4,6,14,22}으로보아정확히다른動物과比較하기는어려운실정이나이들大型(α 型)細胞의機能은빨리움직이는影像을포착하는데重要的役割을담당하는것으로알려지고있다.⁶

網膜全面에서大型(α 型)神經節細胞의出現數를相對頻도로標識한 닭^{7,19}과 고양이의例를보면網膜의中心部보다는周邊部에서 많이出現하는傾向이있고 토끼¹⁴에서는網膜의側頭側에서大型(α 型)神經節細胞가結節樣으로集團出現하는部位가있다고하였으나本調査에서는토끼에서와같은結節樣의集團出現部位를認定할수없었고網膜의周邊部에서出現頻도가 높은점은 닭^{6,19}과 고양이⁴의例와類似하였으며특히背側頭側이 다른部位보다大型(α 型)神經節細胞의出現頻도가높아視界를넓게가질수있는것으로추측된다.

結 論

韓牛 眼球의網膜神經節細胞의總數와分布狀態를觀察하기爲하여 2年生韓牛의眼球網膜을 methylene blue 및 thionin으로併行해서染色한후 whole flat mount를만들어網膜을觀察하였던바다음과같은結果를얻었다.

1. 網膜의面積은 2,214mm²이며神經節細胞의總數는 3,085,200個로 나타나單位面積(mm²)當細胞數는 1,393個가認定되었다.

2. 網膜神經節細胞의分布狀態는視神經斑의背側3mm部位에서visual streak가認定되었으며이를中心으로背側및腹側方向으로갈수록細胞密度는加少하는傾向이었다.

3. 中心窩의位置는視神經斑의背側3mm部位에서側頭側13mm部位이며單位面積(mm²)當細胞數는 6,800個가認定되었다.

4. 大型(α 型) 神經節細胞는 網膜全面에서 570,000個가 認定되어 網膜 神經節細胞 總數의 約 18.5%를 차지하였다.

5. 大型(α 型) 神經節細胞의 出現數를 相對頻度로 標識해 보면 網膜의 中心部보다는 周邊部에서 많이 出現되는 傾向이었고 특히 背側頭側은 다른 部位보다 出現率이 높았다.

參 考 文 獻

1. Boycott, BB, Wassle, H. The morphological types of ganglion cells of the domestic cat's retina. *J Physical* (London) 1974; 240:397~419.
2. Fukuda, Y. A three group classification of rat retinal ganglion cells: Histological and physiological studies. *Brain Res* 1977; 119:327~344.
3. Hoffmann, KP, Stone, J. Central terminations of W-, X- and Y-type ganglion cells from the cat retina. *Brain Res* 1973; 49:500~508.
4. Stone, J. The number and distribution of ganglion cells in the cat's retina. *J Comp Neurol* 1978; 180:753~772.
5. Stone, J, Keens, J. Distribution of small and medium-sized ganglion cells in the cat's retina. *J Comp Neurol* 1980; 192:235~247.
6. Ueshima, T, Uehara, M. Distribution of the α -type ganglion cells in the chicken retina. *Jpn J Vet Sci* 1983; 45:289~295.
7. Wassle, H, Levick, ER, Cleland, BG. The distribution of the alpha type of ganglion cells in the cat's retina. *J Comp Neurol* 1975; 159:419~438.
8. Peterson, EH, Ulinski, PS. Quantitative studies of retinal ganglion cells in a turtle, *Pseudemys scripta elegans*, 1. Number and distribution of ganglion cells. *J Comp Neurol* 1979; 186:17~42.
9. Binggeli, RL, Paule, WJ. The pigeon retina: Quantitative aspects of the optic nerve and ganglion cell layer. *J Comp Neurol* 1969; 137:1~18.
10. Kelly, JP, Gilbert, CD. The projections of different morphological types of ganglion cells in the cat retina. *J Comp Neurol* 1975; 163:65~80.
11. Rowe, MH, Stone, J. Properties of ganglion cells in the visual streak of the cat's retina. *J Comp Neurol* 1976; 169:99~126.
12. Stone, J, Clarke, R. Correlation between soma size and dendritic morphology in cat retinal ganglion cells: Evidence of further variation in the r-cell class. *J Comp Neurol* 1980; 192:211~.
13. Stone, J, Fukuda, Y. The naso-temporal division of the cat's retina re-examined in term of Y-, X- and W-cells. *J Comp Neurol* 1974; 155:377~394.
14. Provis, JM. The distribution and size of ganglion cells in the retina of the pigmented rabbit: A quantitative analysis. *J Comp Neurol* 1979; 185:121~138.
15. Hebel, R. Distribution of retinal ganglion cells in five mammalian species (pig, sheep, ox, horse, dog). *Anat Embryol* 1976; 150:45~47.
16. Huhges, A. A quantitative analysis of the cat retinal ganglion cell topography. *J Comp Neurol* 1975; 163:107~128.
17. Tancred, E. The distribution and sizes of ganglion cells in the retinas of five Australian marsupials. *J Comp Neurol* 1981; 196:585~592.
18. Tiao, YC, Blakemore, C. Regional specialization in the golden hamster's retina. *J Comp Neurol* 1976; 168:439~445.
19. 金武剛, 趙聲煥: 닭 網膜에 存在하는 神經節細胞의 數와 分布에 關한 研究. *大韓解剖學會誌* 1984; 17:39~44.
20. 金武剛, 趙聲煥, 申台均: 韓國在來山羊의 網膜神經節細胞數와 分布에 關한 研究. *忠南醫大雜誌* 1984; 11:57~63.
21. Hebel R. A method of preparing whole mounts of the retina for studies on ganglion cells. *Microskopie* 1976; 32:96~99.
22. Hokoc, JN, Oswaldo-Curz, E. A regional specialization in the opossum's retina: Quantitative analysis of the ganglion cell layer. *J Comp Neurol* 1979; 183:385~396.
23. Rapoport, DH, Wilson, PD, Row, MH. The distribution of ganglion cells in the retina of North American opossum (*Didelphis virginiana*). *J Comp Neurol* 1981; 199:465~476.