

光密度計測器를 利用한 Mach band 의 分析

國軍서울地區病院 放射線科

柳時準 · 趙京植 · 姜興植 * · 趙秉濟 **

-Abstract-

Photodensitometric tracing of Mach Bands and Its Significance

Shi Joon, Yoo, M.D., Kyung Sik Cho, M.D.,
Heung Sik Kang, M.D.*, Byung Jae Cho, M.D.**

Department of Radiology, Seoul District Armed Forces General Hospital

Mach bands, a visual phenomenon resulting from lateral inhibitory impulses in the retina, are recognized as lucent or dense lines at the borders of different radiographic densities. A number of clinical situations have been described in which Mach bands may cause difficulty in radiographic diagnosis. Photodensitometric measurement of the film can differentiate the true change in film density from the Mach band which is an optical illusion. Authors present several examples of photodensitometric tracings of Mach bands, with the brief review of the mechanism of their production.

I. 緒 論

Mach band는 網膜에서 일어나는 側方抑制作用(lateral inhibition)에 依해서 야기되는 錯視現象으로서 다른 밝기(density)를 가지는 陰影의 領域이 隣接하여 있을때 이들 사이의 接觸面에 感知되는 高密度陰影(dense or white) 및 低密度陰影(lucent or black)의 band를 말한다^{1,2,3)}. 이러한 Mach band는 X-線寫眞에서도 흔히 觀察되는 現象으로 때로는 膜性 또는 壁性 構造物로 誤認되는 경우가 있고^{1,4)} 部位에 따라서는 線狀骨折⁵⁾, 膜性血管閉鎖⁶⁾, 氣胸⁷⁾ 등으로 誤診될 수도 있다. X-線寫眞에서 보이는 Mach band가 實際로

存在하는 構造物이 아니라 錯視에 依한 虛像이라는 것을 證明하여 實病變과 鑑別하는 데에는 光密度計測器를 利用할 수 있다^{1,4,5,6)}.

著者들은 光密度計測器를 利用하여 몇例의 Mach band를 證明하고 光密度計測器의 放射線學的 利用 可能性 및 價値를 體驗하였기에 이를 報告하는 바이다.

II. 對象 및 方法

Mach band로 알려져 있거나 생각되는 陰影을 보이는 X-線寫眞 5장과 微量의 氣胸을 보인 胸部X-線寫眞 1장을 對象으로 觀察部位를 光密度計測器로 走査하여 얻은 Kymograph를 分析하였다.

使用한 光密度計測器는 Beckman CDS-200 Computing Densitometer System이고 自動透過走査法(automatic scan in transmission mode)으로 같은 部位를 5회이상 檢査하였다. Kymograph를 利用한 計測의 客觀的 分解能을 測定하기 위해 解像力 測定用 phantom의 X-線像을 實驗走査하여 보았다(Fig.1).

* 陸軍論山地區病院 放射線科

* Department of Radiology, Nonsan District Armed Forces General Hospital

** 第一病院 放射線科

** Department of Radiology, Cheil General Hospital

이 논문은 84년 5월 2일에 채택되었음.

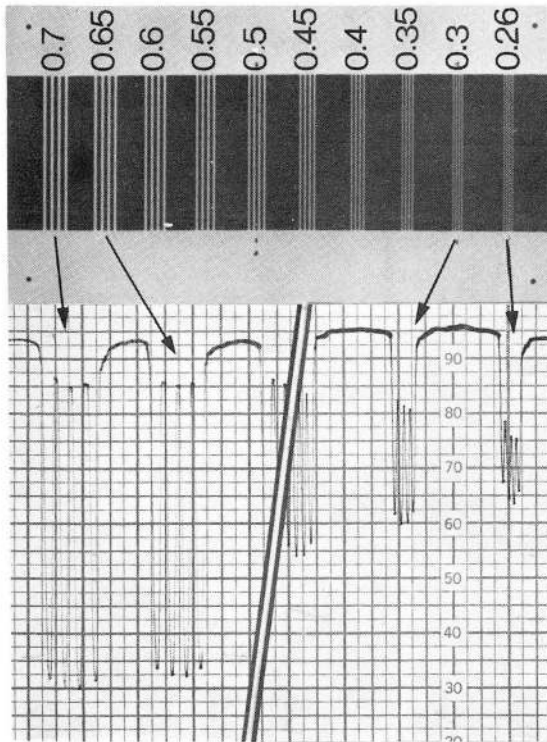


Fig. 1. Photodensitometric tracing of the radiograph of the phantom. Note the capability of the photodensitometer to discriminate the lines of 0.26mm width and interval. Deflections in the kymograph are white lines, and positive peaks and plateaux are black intervals.

III. 結 果

症例 1 (Fig.2) : 肋骨의 同伴陰影 (companion shadow) ; 右側 第二肋骨의 同伴陰影의 內緣에 白色線이 感知되어 微量의 氣胸과 類似한 所見을 보이는 例로 光密度計測上 白色線에 該當하는 deflection을 보이지 않아 白色線이 肋膜이 아니라 Mach band임을 알 수 있다.

症例 2 (Fig.3) : 微量의 氣胸; 症例 1과 類似한 所見을 보이거나 光密度計測上 氣胸과 肺氣 사이에 肋膜에 該當하는 deflection을 볼 수 있다.

症例 3 (Fig.4) : 脊椎緣線 (paraspinal line) ; 胸椎의 左緣을 따라 白色線이 感知되나 光密度計測上 이에 該當하는 deflection을 보이지 않아 白色線은 肋膜이 아니라 Mach band임을 알 수 있다.

症例 4 (Fig.5) : 腸壁과 類似한 Mach band ; 空氣로 膨大된 直腸周圍에 얇은 白色線과 造影劑로 充滿된 膀

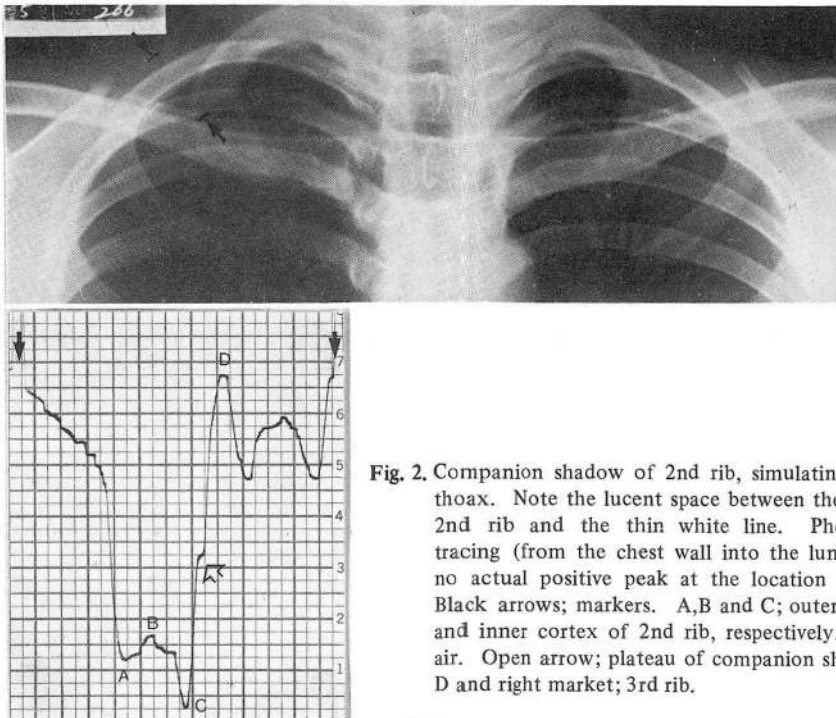


Fig. 2. Companion shadow of 2nd rib, simulating small pneumothoax. Note the lucent space between the inner cortex of 2nd rib and the thin white line. Photodensitometric tracing (from the chest wall into the lung) below reveals no actual positive peak at the location of lucent space. Black arrows; markers. A, B and C; outer cortex, medulla and inner cortex of 2nd rib, respectively. D; pulmonary air. Open arrow; plateau of companion shadow. Between D and right market; 3rd rib.

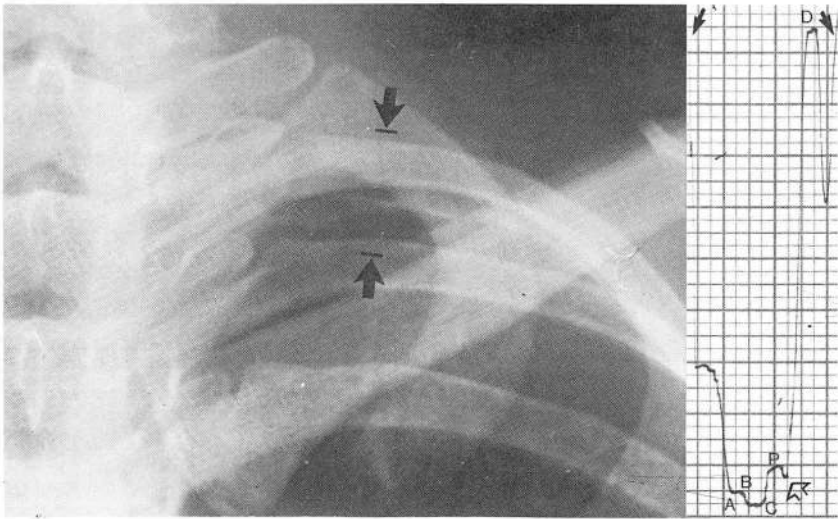


Fig. 3. Small apical pneumothorax. Note the small deflection (open arrow) between the pneumothorax (P) and the lung (D) as the visceral pleura crosses the photo-densitometer. A, B and C; outer cortex, medulla and inner cortex of 2nd rib, respectively.

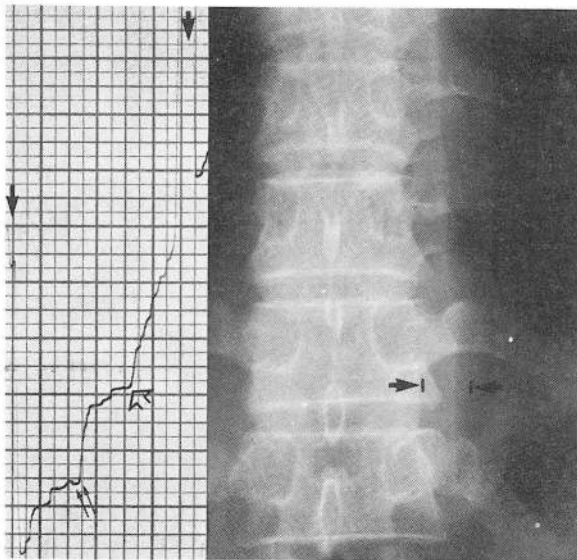


Fig. 4. Paraspinal line. No corresponding deflection is seen at the location of the left paraspinal line (open arrow). Double arrows indicate the deflection at the location of the cortex of vertebral body.

腕周圍에 黑色 band가 各各 感知되나 光密度計測上 이들에 該當하는 deflection과 positive peak를 볼 수 없어 이들이 腸壁 또는 脂肪層이 아니고 Mach band 임을 알 수 있다.

症例 5 (Fig.6) : 乳房腫瘍周圍의 低密度陰影環 (halo)

; 乳房의 良性腫瘍으로 생각되는 病巢周圍에 얇은 低密度陰影環이 感知되나 光密度計測上 環에 該當하는 peak가 없어 Egan等^{8,9)}이 主張하는 壓縮된 脂肪層에 依한 實際로 存在하는 低密度陰影이 아니라 Mach band 일 可能性이 높음을 示唆한다.

IV. 考 案

MACH BAND : Austria의 物理學者 Ernst Mach는 1865년 서로 다른 밝기 (density)를 가지는 陰影의 領域이 隣接하여 있을때 이들 사이의 接觸面에 高密度陰影 (dense or white) 및 低密度陰影 (lucent or black)의 band가 感知되는 現象을 觀察하여 報告하였으며 오늘날 그의 이름을 따라 Mach band로 알려져 있다^{1,2)}.

Mach band는 눈의 過度刺戟을 막기 위한 防禦機制로 網膜의 受容器 (receptors)間的 側方抑制 (lateral inhibition)에 依해서 생긴다.^{1,2)} Fig.7과 같이 線狀으로 排列된 網膜의 受容器들을 光度 (intensity)가 다른 두 光源으로 刺戟하면 刺戟의 強度가 큰 쪽에 位值한 受容器들이 많은 側方抑制을 받게 된다 ($\Delta 4 > \Delta 2$). 이때 높고 낮은 刺戟의 接觸面에 位值한 L과 H의 두 受容器를 觀察하면 L은 左側의 l로부터 $\Delta 1$ 과 右側의 H로부터 $\Delta 2$ 의 抑制을 받아 도합 $\Delta 3$ 의 抑制을 받으므로써 $\Delta 2$ 의 抑制을 받는 左側의 l보다 큰 抑制을 받게 된다. 반면 H는 右側의 h로부터 $\Delta 2$ 와 左

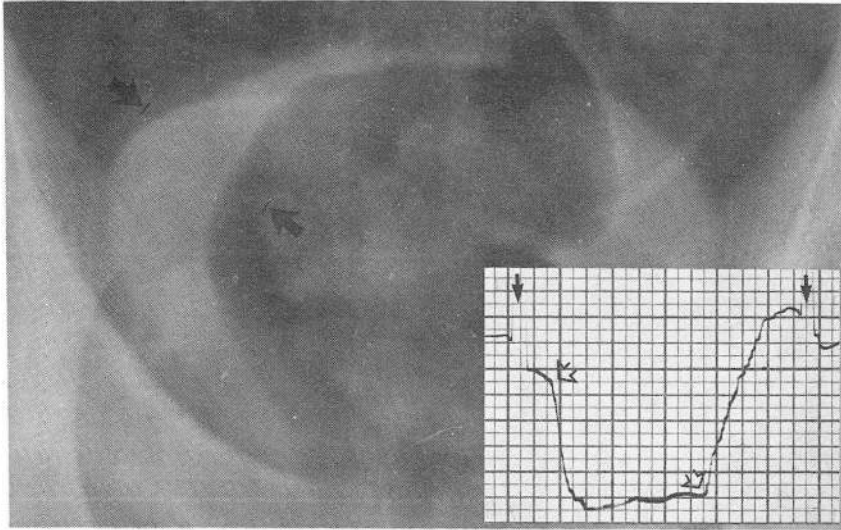


Fig. 5. Thin white stripe around rectal gas, simulating bowel wall, and lucent halo around contrast filled bladder. Photodensitometric tracing from the left upper to the air in rectum shows no corresponding positive peak or deflection at the location of lucent halo and white stripe (open arrows).

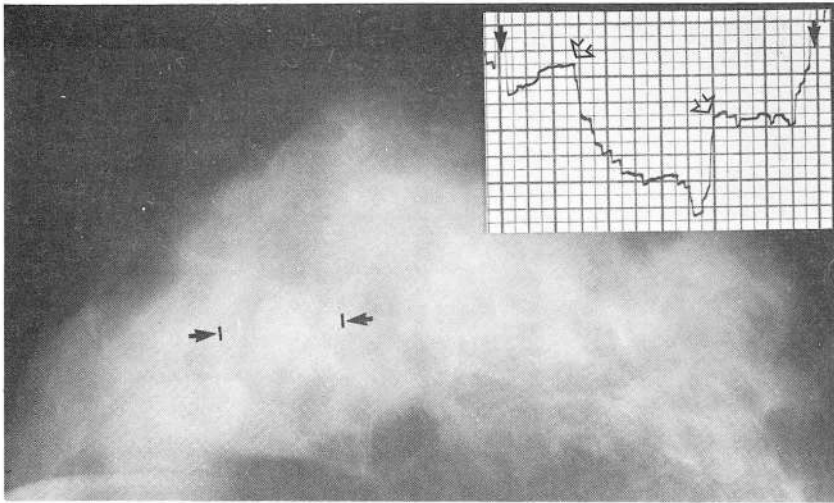


Fig. 6. Lucent halo around benign breast mass. Photodensitometric tracing shows no corresponding sharp positive peaks.

側의 L로부터 $\Delta 1$ 의 抑制을 받아 도함 $\Delta 3$ 의 抑制을 받음으로써 $\Delta 4$ 의 抑制을 받는 右側의 h보다 작은 抑制을 받게 된다. 따라서 L受容器가 받는 刺戟은 골짜기를 形成하여 低密度陰影 (lucent or negative)의 Mach band로 感知되며 H受容器가 받는 刺戟은 언덕을 形成하여 高密度陰影 (dense or positive)의 Mach band로 感知된다 (Fig.8-A).

MACH BAND와 屈曲面: Mach band는 Fig.8-A와 같이 두 領域의 接觸面이 直線일 때는 接觸面의 양쪽에 모두 感知되나 Fig.8-B,C와 같이 接觸面이 曲線일 때는 凹側 接觸面에만 感知된다¹⁾. 卽 Fig.8-B와 같이 凹側이 凸側보다 어두우면 低密度陰影의 Mach band가, Fig.8-C와 같이 凹側이 凸側보다 밝으면 高密度陰影의 Mach band가 各各 凹側 接觸面에 感知된다. X-線

寫眞에 高密度陰影 또는 低密度陰影의 Mach band가 흔히 觀察되는 것은 人體가 主로 球型 또는 圓筒型의 構造를 하고 있기 때문이다.

著者들의 症例 1의 肋膜과 類似한 白色線, 症例 3의 脊椎緣線 (paraspinal line)과 症例 4의 腸壁과 같은 白色線은 高密度陰影의 Mach band의 例이다. 이러한 高密度陰影의 band는 肋膜, 腸壁 등의 膜性 또는 壁性構造物과 混同되어 病變의 거짓 指標 (false indicator)가 될 수 있어 注意를 要한다^{1,4)}.

著者들의 下行大動脈의 左緣을 따라 보이는 黑色의 band와 症例 4의 膀胱周圍의 環은 低密度陰影의 Mach band의 例이다. 이러한 低密度陰影의 band는 線狀骨折⁵⁾, 膜性血管閉鎖⁶⁾, 心臟周圍의 氣胸⁷⁾ 등의 病變으로 誤診될 수 있다. 반면 肝 또는 心臟陰影에 가려진 結節이나 乳房의 腫塊 등과 같이 周圍의 陰影과

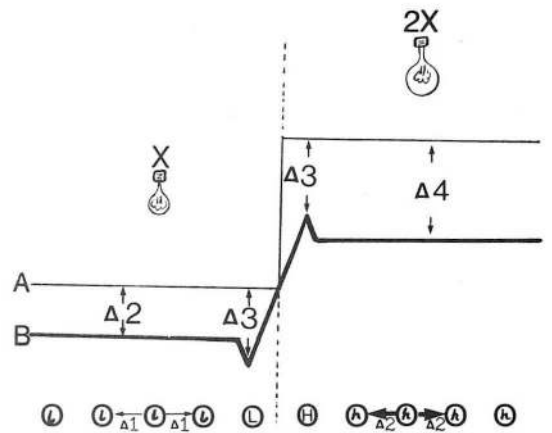


Fig. 7. Expected (A) and measured (B) responses of retinal receptors to light stimulations of different intensities. The higher the stimulation, the greater the inhibition ($\Delta 4 > \Delta 2$).

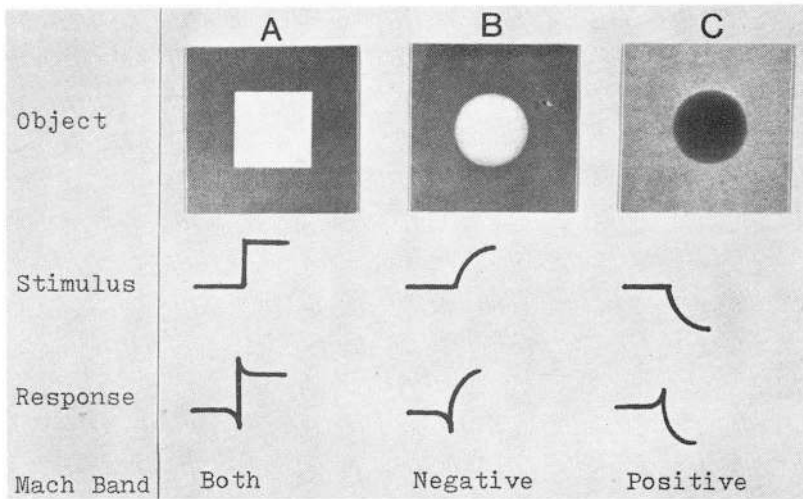


Fig. 8. Negative and positive Mach bands.

對照가 크게 되지 않는 陰影의 發見에는 Mach band의 感知가 도움이 될 수 있다^{1,7)}.

乳房의 良性腫瘍의 放射線學的 指標인 腫塊周圍의 低密度陰影環 (halo)은 腫塊에 依해 壓縮된 脂肪層으로 알려져 왔다^{8,9)}. 그러나 壓縮된 脂肪이 周圍의 正常脂肪보다 低密度陰影으로 보인다는 理論에는 矛盾이 있다. 오히려 周圍組織과 境界가 明確한 球型의 良性腫瘍에 緣해서 感知되는 低密度陰影의 Mach band로 說明하는 것이 論理的일 것으로 생각된다^{1,7)}. 著者들의 症例 5의 光密度計測所見에서도 低密度陰影環에 該當하는 positive peak는 보이지 않았다.

BACKGROUND에 依한 對照效果: 觀察하려고 하는

部位에 對해서 觀察者가 느끼는 밝기 (perceived density)는 background의 밝기의 影響을 받는다^{1,2,10)}. 卽 같은 밝기의 觀察部位라도 background가 밝으면 많은 側方抑制를 받음으로 觀察部位는 어두워 보이고 background가 어두우면 적은 側方抑制를 받음으로 觀察部位는 밝게 보이게 된다. 이러한 現象은 觀察部位의 background에 對한 面積의 比가 적을수록 顯著하다^{1,10)}. Fig.2의 肋骨의 同伴陰影 (companion shadow)이 마치 微量의 氣胸처럼 보이는 것은 隣接한 肋骨과 高密度陰影의 Mach band 사이에서 肋骨의 同伴陰影이 強하게 對照되기 때문인 것으로 생각된다.

光密度計測器의 利用: 이러한 錯視現象으로 야기되

는 虛像은 錯視現象을 招來하는 要因을 除去하면 없앨 수 있다. 卽 Fig.8-B의 中心部를 background와 類似한 밝기의 종이로 가리면 黑色의 band가 感知되지 않는 것을 볼 수 있다^{1,7)}. 또한 光密度計測器를 利用하면 虛像과 實像의 區分에 보다 客觀적이고 確實한 證據를 얻을 수 있다^{1,4,5,6)}. 著者들의 症例 1과 症例 2는 그 좋은 例이다. 光密度計測器는 血清蛋白分析用으로써 透過法으로 走査(scan in transmission model)하면 X-線寫眞에의 利用이 容易이다.

V. 結 論

Mach band는 網膜의 受容器들 사이의 側方抑制作用으로 일어나는 錯視現象에 依한 虛像으로 正常構造物로 誤認되어 病變의 거짓 指標가 되거나 實病變으로 誤診되어 診斷的 問題點을 야기할 수 있다. 이러한 虛像과 實像의 區分에 光密度計測器를 利用하면 보다 客觀적이고 確實한 證據를 얻을 수 있다.

著者들은 光密度計測器를 利用하여 몇例의 Mach band를 證明하고 光密度計測器의 放射線學的 利用 可能性 및 價値를 體驗하였기에 이를 報告하는 바이다.

REFERENCES

1. Lane EJ, Proto AV, Phillips PW: *Mach bands and*

density perception. Radiology 121:9-17, 1976.

2. Rushton WAH: *Visual adaptation. In Adler's physiology of the eye, 7th ed, edited by Moses RA: 655-657, Mosby, St. Louis, 1981.*

3. Heitzman ER: *The mediastinum. Radiologic correlation with anatomy and pathology: 33-36, Mosby, St. Louis, 1977.*

4. Genereus GP: *The posterior pleural reflections. AJR* 141:141-149, 1983.

5. Daffner RH: *Pseudofracture of the dens; Mach bands. AJR* 128:607-612, 1977.

6. Randall PA: *Mach bands in cine coronary arteriography. Radiology* 129:65-66, 1978.

7. Swischuk LE: *Two lesser known but useful signs of neonatal pneumothorax. AJR* 127:623-627, 1976.

8. Eagan RL: *Mammography: 206, Thomas, Springfield, 1964.*

9. Bassett LW, Gold RH: *Mammography, thermography and ultrasound in breast cancer detection: 43, Grune & Stratton, New York, 1983.*

10. Daffner RH: *Visual illusion in CT: Phenomena related to Mach effect. AJR* 134:261-264, 1980