

鼓膜의 彈性도와 破裂張力에 關한 研究

慶北大學校 醫科大學 生理學敎室

<指導 朱 永 恩 敎授>

李 英 植

=Abstract=

Studies on the Elasticity, Young Modulus, and Breaking Tension of the Tympanic Membrane in Dog

Young Shik Lee, M.D.

Department of Physiology

Kyungpook National University School of Medicine, Taegu, Korea

(Director: Prof. Young Eun Choo)

Recently, in this department, pressure-displacement curve and breaking tension of dog and human tympanic membrane were studied using intact, fresh or dried tympanic membrane attached to external auditory meatus. However, physical property, proper elasticity-Young Modulus, of the tympanic membrane has not been clarified yet.

Present study is attempted to further clarify proper Young Modulus of tympanic membrane, and to distinguish possible difference between layer of stratum radiatum and layer of stratum circulare of tympanic membrane in breaking tension and in Young Modulus.

Tympanic membrane was excised from sacrificed dog, and preparation was made into the size of approximately 1 mm in width and 3 mm in length. In fresh or dried tympanic membrane, which was dried at 80°C for 24 hrs., some preparations were made along the long axis parallel to the fibers of radial direction, and others were made along the long axis perpendicular to the radial fibers-circular direction.

Breaking tension and displacement according to loading, were measured and Young Modulus was calculated in tympanic membrane preparations under the different experimental conditions.

Results obtained are summarized as follows:

1. Young Modulus of fresh tympanic membrane in radial direction was 6.57×10^8 dyne/cm², and that of fresh preparation in circular direction was 1.68×10^8 dyne/cm². The Young Modulus of fresh tympanic membrane in radial direction resembles to that of silk and whale moustache.

In dried tympanic membrane, Young Modulus of preparation of radial direction was 30.2×10^8 dyne/cm², and that of preparation in circular direction was 25.0×10^8 dyne/cm².

2. Breaking tension of fresh tympanic membrane was 44.9 gm/mm in radial preparation, and 7.9 gm/mm in circular preparation. In dried tympanic membrane, breaking tension was 46.7 gm/mm in preparation of radial direction, and 17.2 gm/mm in preparation of circular direction.

3. Much smaller breaking tension of the circular preparation—one fifth to the radial preparation—seemed to be responsible for the higher incidence of circular fiber breaking in tympanic membrane performance caused by trauma or sudden change in atmospheric pressure.

4. The correlation seemed to be very close between breaking tension and Young Modulus in tympanic membrane.

緒 論

鼓膜은 外耳道와 中耳腔間에 位置하고 있으며 聽覺傳音의 一次受感器일뿐만 아니라 外部로부터의 細菌, 먼지等 汚染으로 부터 中耳 및 內耳를 保護하는 役割도 가지고 있음은 周知의 事實이다.¹⁾

한便 音波가 이에 到達하였을 때는 微弱한 振動 또는 壓力에 依하여서도 容易하게 變位를 일으켜 그 音波를 聽小骨로 傳達하는 것이나, 壓力에 依한 機械的損傷은 쉽게 입지않는 比較的 強靱한 組織이다.²⁾ 사람이 있어서 適當한 周波數(2,000/sec.)에서는 2.04×10^{-4} dyne/cm²의 強度에 依하여서도 鼓膜은 振動, 또는 變位되는 것이나³⁾ 鼓膜을 破裂시킬 수 있는 最少壓은 約 2×10^6 dyne/cm²이나 되는 것으로⁴⁾ 알려져 있다. 이와같이 두께가 0.1 mm 內外 밖에 되지않는 鼓膜이, 外壓에 對하여 이와같은 強靱성을 나타내는 것은 固有層(lamina propria)을 形成하고 있는 彈性纖維層이라는 것은 쉽게 理解될 수 있는 것이다. 또한 이 彈性纖維層이 鼓膜 中心部에서 放射狀인 stratum radiatum과 輪狀인 stratum circulare의 二層으로 되어 있음은 잘 알려져 있는 것이며^{5,6)} 外傷에 依하여 鼓膜穿孔이 생겼을 境遇에도, 固有層의 兩纖維層이 같이 破裂되지 않고, 어느 한 層만이 斷切되었을 때 輪狀方向 또는 放射狀方向의 어느 纖維層이 斷切되었느냐에 따라 各各 穿孔의 外樣이 特徵적으로 다른⁴⁾ 것이다.

金은⁷⁾ 人體 및 實驗犬의 鼓膜을 使用하여 壓力—變位關係를 觀察하고 아울러 破裂壓을 測定한 바 있으며 그外 數種動物들⁸⁾과 사람^{4,9)}에 있어서 鼓膜破裂에 要하는 大體의 壓力을 測定한 報告들은 있으나 彈性纖維層의 放射狀層과 輪狀層 各各의 張力 또는 強靱도를 分離하여 觀察한 研究는 찾아볼 수 없으며 또한 鼓膜도 하나의 彈性體라 볼 수 있으므로 이것이 가지는 彈성을 物理的單位로 表示하는데 必要한 伸展度와 張力과의 關係, 이로부터 誘導할 수 있는 彈性係數와 彈性體의 降伏點에 該當하는 破裂(斷切)時의 張力等을 兩纖維組織層에서 各各 測定, 또는 觀察하여 볼이 有意한 것으로 생각되어 著者는 成犬에서 分離한 鼓膜을 使用하여 新鮮한 狀態와 乾燥된 狀態에서 各各 放射狀 및 輪狀纖維의 方向과 一致되게 切斷한 鼓膜小片을 材料로 하고 길이—張力關係 및 破裂時의 張力等을 測定하고 아울러 鼓膜의 Young 率을 求하여 보았으며 지금까지 알려진 몇가지 動物組織의 Young 率, 金⁷⁾이 提示한 鼓膜의 理學的性狀 및 外傷性鼓膜穿孔例들에서 穿孔形態로 分類되는 輪狀 또는 放射狀纖維層 斷切頻度等과 本實驗研究에서의 結果들을 比較 考察하였다.

實驗材料 및 方法

1. 鼓膜標本作成法

體重 15~20 kg의 雜種成犬 總 53마리를 實驗動物로 하여, 犧牲시킨 後 3時間以內에 頭蓋骨로 부터 側頭骨全體를 摘出하여 鼓膜이 損傷없이 露出되게 하였다. 新鮮標本으로 實驗할 때는 即時 鼓膜을 邊緣緊張部에서 작은 가위로 切除하여 生理的 食鹽水에 浮遊시키고 顯微鏡弱擴大觀察로서 病痕이 發見되지 않는 것만을 골라서 두터운 polyvinyl 平板上에 옮기고 水分을 濾紙로 吸收한 다음 面刀날로 幅 1 mm, 길이 3 mm 程度의 小片으로 切除하되 第 1圖와 같이 任意로 放射狀纖維方向에(A) 또는 輪狀纖維方向에(B) 平行으로 되게 하였다. 한편 乾燥鼓膜標本은 鼓膜이 露出되어 있는 側頭骨을 上限溫度 80°C로 調節된 乾熱器內에서 24時間 乾燥시킨 後 新鮮標本製作과 같은 方法으로 鼓膜小片을 만들었다. 放射狀 또는 輪狀纖維의 走行方向은 切切한 鼓膜에서 肉眼的으로도 쉽게 識別되는 것이었으며 標本の 幅과 길이를 實測時에 모두 1 mm 以內로 함으로써 標本軸과 纖維의 走行方向 差異에 因한 纖維의 斷切, 即 A 標本에서는 放射狀 纖維, B 標本에서는 輪狀纖維의 斷切이 없도록 할 수 있었다.

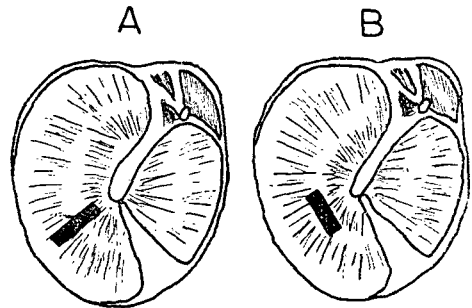


Fig. 1. Preparation of tympanic membrane.

A : Preparation of radial direction.

B : Preparation of circular direction.

2. 鼓膜的 彈性 測定法

鼓膜의 彈性은 第 2圖에서 보는 바와 같이 plexiglass로 本教室에서 製作한 小組織片 張力測定器로 測定하였다. 即 C_1 및 C_2 는 鼓膜片標本 把持裝置이며 C_1 은 固定되어 있고 C_2 는 거의 抵抗이 없이 上下로 移動된다. 鼓膜片(T)의 一端은 C_1 로, 他端은 C_2 로 各各 堅固하게 把持하면 標本은 垂直으로 懸垂되며 C_2 의 重量은 水平棒(R)의 他端에 달려있는 錐(W)에 依하여 平衡되고 C_2 의 下部에 連結되어 있는 plastic製 水銀容器(V)內에 水銀이 注入되기까지 鼓膜片은 V에 該當하는 작은 重

량의 負荷狀態에서 懸垂되게 되며 이때 上下把持器間의 鼓膜片標本の 長이가 1 mm 未滿이 되게 하였다.

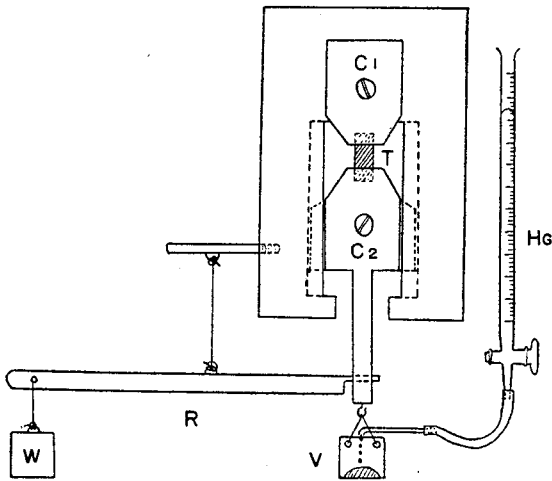


Fig. 2. Diagram of tension measuring apparatus for small piece of preparation.

- T...Tympanic membrane preparation.
- C₁ & C₂...Clips for fixation of the preparation.
- R...Equilibrium rod.
- V...Vessel for mercury (Stress).
- W...Balance weight for C₂ & V.
- Hg... Mercury in glass burette.

張力測定器 옆에는 別途로 0.02 ml 까지의 눈금이 있는 burette를 세우고 이속의 水銀이 stop-cock를 거쳐서 水銀容器에 注入될 수 있게 함으로써 鼓膜片에 任意의 重量을 徐徐이 負荷할 수 있게 하였으며 負荷된 「힘」은 測定裝置의 重量과 完全히 獨立의으로 測定할 수 있는 것이다.

把持器에 固定된 鼓膜片의 長이의 變化를 測定하기 爲하여서는 張力測定器앞에 顯微鏡을 水平으로 두어 鼓膜片을 볼 때, 上下把持器端이 한 視野에 들어오게 하였으며 接眼 lens에 들어있는 미리 矯正한 micrometer로서 鼓膜片標本の 幅과 長이를 測定하고 漸次 2 gm 씩의 무게를 負加하면서 伸展되는 鼓膜의 長이를 切斷될 때까지 測定하였으며 鼓膜의 두께는 標本을 만들고 남은 部位에서 0.01 mm 까지 읽을 수 있는 micrometer caliper로 測定하였다.

新鮮鼓膜으로 實驗할 때는 標本の 乾燥를 防止하기 爲하여 鼓膜片이 生理的食鹽水에 依하여 恒常 濕潤되게 하였다.

3. 鼓膜의 長이—張力關係와 Young 率

第3圖는 張力測定器에 鼓膜片標本을 固定하고 負荷 重量을 加重시키면서 長이의 變化를 測定한 定型的인

長이—張力曲線의 한 例인데, 여기서 보는 바와 같이 鼓膜에서 長이—張力關係는 標本の 切斷方向 即 放射狀 또는 輪狀纖維方向에 無關하게 거의 直線的인 것이었으며 이것은 鼓膜이 彈性體에서의 Hooke 法則에 따른다는 것을 意味한다. 이 長이—張力曲線上의 直線的인 點을 通過하는 最適直線(best fit line)을 視覺的으로 그리면 10 gm의 重量을 負荷했을 때 鼓膜片의 延長長이를 求할 수 있다. 또 鼓膜標本의 原長은 荷重負荷가 없는

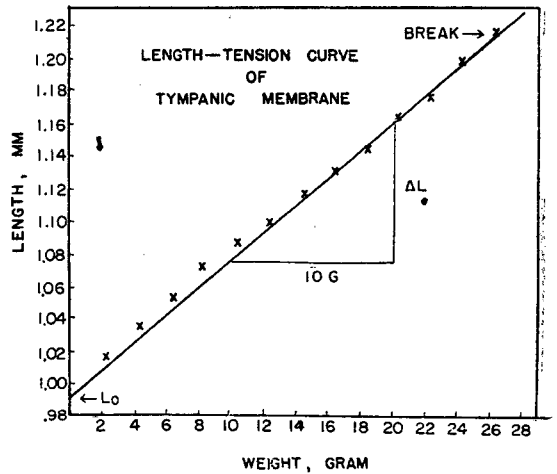


Fig. 3. Length-tension curve of tympanic membrane.

狀態에서 測定하거나 또는 長이—張力曲線에서 外插法으로 求할 수가 있는 것이며 鼓膜片의 斷面積은 實測할 수가 있는 것이어서 標本의 原長(L₀), 荷重(F), 標本의

YOUNG MODULUS, (M)

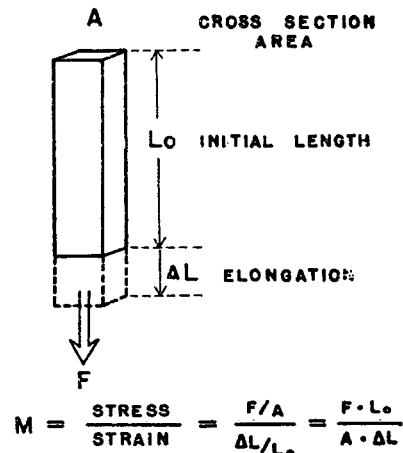


Fig. 4. Equation and diagram of Young Modulus.

斷面積(A) 및 荷重에 依한 標本의 延長길이(ΔL)로서 彈性係數 Young 率(M)은 다음과 같이 求할 수 있다⁹⁾ (第4圖 參照).

$$M = \text{stress/strain} = \frac{F/A}{\Delta L/L_0} = F \cdot L_0 / A \cdot \Delta L$$

第3圖의 例에서 Young 率 M은 3.76×10^8 dyne/cm² 이 되며 이 Young 率이 클수록 伸展性이 적다는 것을 意味한다.

實驗成績

實驗方法에서 記述된 바와 같이 本實驗에 使用한 鼓膜片標本은 新鮮, 乾燥 또는 放射狀, 輪狀方向標本에서 모두 幅 約 1mm, 길이 約 3mm의 斷片을 만들어 使用한 것이나 全實驗에서 張力測定器把持裝置에 固定된 標本의 平均 原長(標準誤差)은 0.92 mm(0.13), 幅은 1.08 mm(0.37)였다. 한편 두께는 新鮮標本에서 0.02 mm(0.001)이고 乾燥標本에서는 0.01 mm(0.001)로서 개의 鼓膜은 크기가 사람의 것 보다 크나⁷⁾ 두께는 約 1/5밖에 되지 않는 것이었다.

各鼓膜標本에서 길이—張力曲線을 作成하고 荷重에 依한 伸長길이의 増分 ΔL을 求하여 各各 Young 率을 計算하고 또한 標本의 幅 1mm에 對한 破裂時張力을 測定한 結果들을 總括한 成績은 第1表에서 보는 바와 같다. 即 新鮮鼓膜에서 標本을 放射狀纖維方向과 갈게 切斷한(第1群) 24例에서 Young 率平均은 6.57×10^8 dyne/cm²이였으며 23例에서 測定한 破裂張力 平均은 44.9 gm/mm 였고 新鮮鼓膜에서 輪狀纖維方向과 갈게 切斷한(第2群) 標本 8例에서 Young 率 平均은 1.68×10^8 dyne/cm²이였으며 12例에서 測定한 破裂時張力은 7.9 gm/mm 였다.

Table 1. Young Modulus and breaking tension of tympanic membrane in dogs under different experimental conditions

Groups	Young Modulus (M) dyne/cm ² × 10 ⁸			Breaking tension (T) gram/mm		
	Mean	S.E.	n.	Mean	S.E.	n.
I. Fresh, Radial	6.57	0.75	24	44.90	3.00	23
II. Fresh, Circular	1.68	0.40	8	7.90	1.53	12
III. Dry, Radial	30.20	7.58	12	46.70	5.90	11
IV. Dry Circular	25.00	3.55	5	17.20	5.15	7

Significance Level

M(I)—M(II) P<0.001	T(I)—T(II) P<0.001
M(I)—M(III) P<0.001	T(I)—T(III) P>0.05
M(III)—M(IV) P>0.05	T(III)—T(IV) P<0.001
M(II)—M(IV) P<0.001	T(II)—T(IV) P<0.05

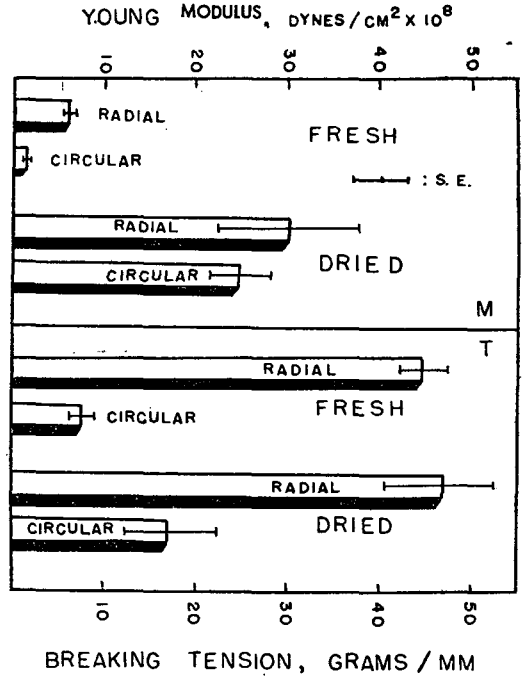


Fig. 5. Young Modulus and breaking tension of tympanic membrane preparations.

한편 乾燥鼓膜에서 放射狀方向으로 切斷한(第3群) 12例의 鼓膜標本에서 Young 率 平均은 30.2×10^8 dyne/cm², 그리고 11例에서 測定한 破裂張力 平均은 46.7 gm/mm 였으며 乾燥鼓膜에서 輪狀纖維方向으로 切斷한(第4群) 5例의 標本에서 Young 率 平均은 25.0×10^8 dyne/cm²이였고 7例에서 測定한 破裂張力 平均은 17.2 gm/mm 였다.

이상의 成績들을 圖示하면 第5圖과 같다. 新鮮鼓膜群中 第1群의 Young 率은 第2群의 그것보다 有意하게 크고(P<0.001) 放射狀(P<0.001) 및 輪狀의(P<0.001) 兩標本에서 모두 乾燥群의 Young 率이 新鮮群의 것 보다 顯著히 큰 것이였으며 乾燥群中 第3, 4群間에는 Young 率에 有意한 差를 볼 수 없었다. 한편 各群에서 破裂張力의 差異를 보면 新鮮群에서 第1群은 第2群보다 그리고 乾燥群中에서 第3群은 第4群보다 破裂張力이 顯著히 큰(各各 P<0.001) 것이였으나 第1 및 第3群사이에는 別差가 없었고 第4群의 破裂張力은 第2群의 것 보다 有意하게 큰(P<0.005) 것이었다.

第6圖는 Young 率과 破裂張力間의 相關關係를 圖示한 것이다. 여기서 알 수 있는 바와 같이 各群에서 모두 變異가 크기는 하나 大體로 Young 率과 破裂張力相

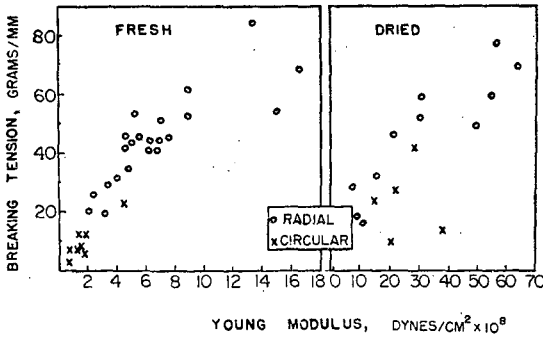


Fig. 6. Correlation between Young Modulus and breaking tension of tympanic membrane preparations.

關係는 높은 것으로 볼 수 있을 것이다.

考 察

摘出한 개의 鼓膜—聽小骨系를 使用하여 壓力—變位 曲線과 破裂壓等을 測定, 分析한 報告에서 金은⁷⁾ hysteresis 現象을 보인 壓力—變位曲線으로 부터 聽小骨系의 影響을 理論的으로 分離하여 보면 鼓膜만의 壓力—變位關係는 거의 直線的인 것이며 따라서 鼓膜은 Hooke의 法則에 따르는 彈性體라 할 수 있을 것이라는 意見을 提示하였다.

鼓膜自體의 物理學的의 性狀을 究明하기 위하여서는 鼓膜片만을 完全히 摘出, 分離하여야 될 것이며 鼓室, 聽小骨等과 附着되어 있는 鼓膜標本은 周圍組織의 條件에 따라 많은 影響을 받는 것이므로 鼓膜自體만의 性狀을 나타내기 어려운 것이다. 따라서 本 實驗에서는 鼓膜을 完全히 分離하여 小片標本을 만들어 荷重增加에 따른 길이의 變化를 測定하고 Young 率을 計算하여 鼓膜固有의 物理的의 性狀을 觀察한 것이며 아울러 鼓膜固有層中에 放射狀纖維層과 輪狀纖維層의 強韌性을 各各 測定, 比較하였다. 또한 外耳道에 附着된 狀態로 的 標本에서 鼓膜은 乾燥에 의하여 破裂에 대한 抵抗이 增加하고, 壓力—變位曲線에서 新鮮標本에서 觀察된 hysteresis 現象이 消失되었다는 金⁷⁾의 報告를 더욱 追求하여 그 機轉을 究明하여 보기 위하여 乾燥鼓膜標本에서의 破裂時張力과 Young 率을 各各 測定하여 본 것이다.

本實驗의 結果에서 鼓膜片의 길이—張力曲線은 放射狀方向 또는 輪狀方向標本들에서 모두가 第3圖의 例에서 본 바와 같이 거의 直線的인 것이었으며 따라서 鼓膜의 彈性은 Hooke의 法則에 따르는 것이라할 수 있다.

哺乳動物 彈性纖維의 張力—變位曲線은 대체로 拋物線狀을 나타내는 것으로¹⁰⁾ 생각되고 있으며 鼓膜도 神

經, 血管 및 淋巴系가 分布되어 있는만큼 그 彈性이 體內 他 彈性組織에서와 類似할 것으로 생각될 수도 있으나 本實驗成績에서 鼓膜은 一般彈性體에서와 같이 Hooke의 法則에 따르는 物理的 彈性을 가졌음을 알았으며 이는 興味로운 事實이라 할 것이다.

彈性體의 彈力性 即 伸展性을 物理的의 性質로 表示하는 것이 Young 率이며 이 Young 率의 數가 클수록 그 物體는 荷重에 대한 伸張度가 적다는 것을 意味한다.

實驗成績에서 본 바와 같이 鼓膜의 Young 率은 標本의 切斷方向 및 乾濕에 따라 顯著히 달라져 新鮮標本에서도 放射狀方向으로 切斷한 鼓膜片의 Young 率은 輪狀方向標本의 그것 보다 4 배나 더 큰 것이었고, 乾燥鼓膜에서는 新鮮鼓膜 보다 放射狀方向標本에서 4.6 배, 輪狀方向標本에서 15 배나 Young 率이 더 큰 것으로 나타났다. 이로서 鼓膜은 乾燥하게 되면 伸展性이 顯著히 減少한다는 것을 알 수 있으며 이는 一般的으로 組織의 乾燥時에 豫測되는 現象이다. 한편 標本의 切斷方向에 따른 Young 率의 差異에서 鼓膜固有層의 두가지 纖維中 輪狀纖維層이 放射狀纖維層 보다 훨씬 큰 伸展性을 가지고 있음을 알 수 있다.

生物體內的 彈性組織에서 物理學的인 彈性率을 測定, 報告된 것은 別로 없으나 絹絲의 Young 率이 6.28 x 10⁸ dyne/cm²으로 그리고 絹絲의 그것이 6.77 x 10⁸ dyne/cm²으로 알려져 있어 放射狀方向의 新鮮鼓膜標本의 Young 率이 이들의 것과 비슷하다.

彈性體의 破裂時張力은 同一物質에 있어서도 標本의 幅과 두께에 따라 달라지는 것이기 때문에 破裂張力을 測定, 比較하려면 이들 條件이 規定되어야 할 것이다. 本實驗에서 鼓膜標本의 두께는 各例에서 變異가 아주 적어 거의 一定하였으며 乾燥鼓膜標本에서 그 두께는 新鮮標本の 半으로 減少되었으나 乾燥過程에서 纖維層等으로 부터 實質의 喪失이 있는 것이 아니므로 全例에서 使用한 標本の 幅 1 mm 에 대한 破裂張力을 表示, 比較하였다. 대체로 一般彈性體에서 破裂點(breaking point)은 彈性限界(elastic limit)를 넘어서 變形을 일으킨 길이—張力曲線에 있는 것이 普通이나⁹⁾ 第3圖의 例에서 본 바와 같이 鼓膜에서는 破裂點이 길이—張力關係의 直線에 있는 것이 特徵인 것이며 이는 物理學的으로 鼓膜은 延性(ductility)이 적은 物質임을⁹⁾ 뜻한다.

各實驗群에서의 破裂張力을 서로 比較하여 보면 輪狀纖維方向으로 切斷한 新鮮鼓膜標本の 破裂張力이 제일 적어 放射狀方向標本の 約 17.5%에 不過하며 乾燥鼓膜에서도 輪狀方向標本の 그것이 放射狀方向標本の 36.8% 밖에 되지 않아 이로써 萬若 全表面에 미치는 陽壓 또는 陰壓이 外部에서 鼓膜에 加해져서 破裂이 일어나게

될 때는 輪狀纖維가 먼저 破裂될 것이라 할 수 있다. 金等¹²⁾의 報告에 의하면 毆打等에 의한 外傷性鼓膜穿孔 44例에서 穿孔의 形態가 長圓形으로서 그 長軸의 方向이 umbo 로 부터 放射狀方向인 것이 37例(85%)였다고 하며, 輪狀方向纖維의 切斷에 의한 鼓膜穿孔의 特徵이 放射狀方向으로의 長軸을 가진 長圓形穿孔이므로¹³⁾ 上記 報告는 外傷에 의한 鼓膜穿孔時에는 輪狀方向纖維의 破裂이 더 잘 일어날 것이라는 本實驗結果와 一致되는 것이다.

한편 乾燥鼓膜과 新鮮鼓膜群에서 破裂張力을 比較하여 보면 放射狀方向標本에서는 서로 有意한 差異가 없고, 輪狀方向標本에서는 乾燥鼓膜의 破裂張力이 約 2.2 배나 더 커서, 鼓膜이 乾燥하게 되면 破裂에 대한 強靱성이 輪狀纖維에서만 顯著히 增加되는 것이라 하겠으며 外耳道에 附着된 全鼓膜標本에서 乾燥에 의하여 破裂壓이 有意하게 增加되었다는 金²⁾의 報告는 外部壓力에 의하여 더 잘 破裂될 수 있는 輪狀纖維層의 強靱성이 乾燥에 의하여 顯著히 增加되는 때문이라 說明할 수 있을 것이나, 乾燥에 의하여 鼓膜의 強靱성이 特히 輪狀纖維의 그것이 亢進되는 理由를 알 수는 없다.

한편 同一物質에서라면 斷面積에 따라 破裂時張力이 달라지는 것이며 여기서 一定斷面積에 對한 各群標本の 破裂時張力을 計算하여 보면 第1群과 第2群은 1mm 平方當 各各 2,445 gm 및 395 gm, 그리고 第3群과 第4群은 各各 1mm 平方當 4,670 gm 와 1,720 gm 으로 되어 放射狀 및 輪狀方向標本에서 모두 乾燥鼓膜(3, 4群)의 破裂時張力이 新鮮鼓膜(1, 2群)의 그것들 보다 顯著히 큰 것으로 된다. 그러나 乾燥鼓膜에서는 脫水에 의하여 單位斷面積內 纖維質密度가 倍加되었을 것이고 또한 80°C의 乾燥器內에서 24時間 乾燥되는 동안 鼓膜構成物質에 變성이 일어날 수 있는 것이며 따라서 嚴密한 意味에서 新鮮鼓膜과 乾燥鼓膜은 性質이 相異한 彈性體라 볼 수 있을 것이다.

彈性體에서 破裂點이 彈性限界로 부터 아주 멀리 있지 않은 限, 彈性曲線(길이—張力曲線)의 傾斜度로 規定되는 Young 率과 破裂張力은 서로 높은 相關關係에 있을 것으로 豫想되는 것이며 本實驗에서는 全例에서 破裂點이 길이—張力關係의 直線上에 놓여 있기 때문에(圖3 參照) 切斷張力과 Young 率이 서로 直線的인 關係여야 할 것이나 圖6에서 본 바와 같이 相當한 變異를 보인 것은 各例에서의 標本들이 完全히 均等하지 못하였기 때문이라 생각된다.

結 論

鼓膜의 彈性 卽 伸展度와 張力과의 關係를 正確히 測定하여 보고 이를 彈性係數로 表示하며 또한 彈性體의

降伏點에 該當하는 切斷時의 張力을 測定하여 보기 위하여 實驗犬의 鼓膜을 摘出, 分離하여 新鮮鼓膜 및 乾燥鼓膜을 幅 1mm, 길이 3mm 크기의 鼓膜片標本으로 만들되 放射狀纖維 또는 輪狀纖維의 方向과 같게 各各 두가지 씩의 標本을 製作하여 荷重負加에 따른 長이의 變位를 測定, 이에서 Young 率을 求하고 또한 鼓膜片標本の 斷切時張力을 各各 測定, 比較하여 본 結果 다음과 같은 結論들을 얻었다.

1. 新鮮鼓膜中 放射狀方向標本の Young 率은 6.57×10^8 dyne/cm²이었고 輪狀方向標本에서는 이보다 훨씬 적은 1.68×10^8 dyne/cm²이었다. 放射狀方向標本の Young 率은 지금까지 알려진 動物組織의 Young 率中 絹絲 및 고래수염의 그것들과 近似한 것이었다.

乾燥鼓膜의 Young 率은 放射狀方向標本에서 30.2×10^8 dyne/cm², 그리고 輪狀方向標本에서 25.0×10^8 dyne/cm²으로서 모두 新鮮鼓膜에서 보다 顯著히 큰 것이었다.

2. 斷切時張力은 標本の 幅 1mm 當 新鮮鼓膜中 放射狀方向標本에서 44.9 gm, 輪狀方向標本에서 7.9 gm이었고 乾燥鼓膜에서는 放射狀方向標本の 것이 46.7 gm, 그리고 輪狀方向標本の 것이 17.2 gm이었다.

3. 輪狀纖維層의 破裂時 張力이 放射狀섬유층의 約 17.5%였으며 이로써 急激한 氣壓變動 또는 外傷에 의한 鼓膜損傷들에서 輪狀섬유 切斷에 의한 穿孔率이 현저히 많은 理由가 究明되었다.

4. Young 率과 斷切時 張力間에는 相當히 높은 相關關係가 있었으며 若干의 變位는 鼓膜片 標本들의 不均等성에 起因된 것으로 생각되었다.

(本 研究에 많은 助力을 아끼지 않으신 呂雄淵先生님과 技術의 도움을 해준 金鍾基君에게 感謝드린다.)

參考文獻

- 1) Storris, L.: *Myringoplasty*. *Laryngoscope*, 76: 185, 1966.
- 2) Henning E. von Gierke: *On noise and vibration exposure criteria*. *Arch. Environmental Health.*, 11:327, 1965.
- 3) Kobrak, H.G.: *The middle Ear*, The University of Chicago Press, Chicago, 1959.
- 4) 白岩俊雄, 北村 武 編: 耳鼻咽喉科學, 上卷, 1版, 醫學書院, 東京, 1960.
- 5) Shambaugh, G.E.: *Surgery of the Ear*, W.B. Saunders Co., Philadelphia and London, 1959.
- 6) Gray, H.: *Anatomy of the Human Body*, 28th Ed., Lea & Febiger Co., Philadelphia, 1967.

- 7) 金宗德 : 鼓膜의 理學的 性質에 關한 實驗的 研究, 中央醫學, 7:567, 1964.
- 8) 元山 徹 : 爆音=因ル 聽器障碍=關スル 實驗的 研究 補 遺, 耳鼻咽喉科 臨床, 36:864, 1940.
- 9) Beiser, A.: *The Main Stream of Physics*, Addison-Wesley Publishing Co., Inc., Reading, Massachusetts, 1962.
- 10) Carton, R.W., J. Dainauskas, & Clark, J.W.: *Elastic properties of single elastic fibers. J. Appl. Physiol.*, 17:547, 1962.
- 11) 芝龜吉 編 : 物理常數表, 岩波書店, 東京, 1944.
- 12) 金在潤, 金永明, 全熙澤 : 外傷性鼓膜穿孔의 臨床的 考察. 般空醫學, 14:107, 1966.