人工喉頭ニ於ケル Tapia ノ「ゴム」振動膜ト 其運動ニ關スル實驗的研究

Dr. Arata Morisue: Experimentelle Untersuchung über die TAPIA'sche
Gummizunge und ihre Bewegung im künstlichen Kehlkopf.

陸軍軍醫學校耳鼻咽喉科教室 (主任 齋藤大佐)

陸軍軍醫少佐

森
モリ

末
スエ

新
アラタ

1. 緒

言

Tapia 教授ノ人工喉頭ガ數多イ人工喉頭ノ内ニ高く評價セラレテキル所以ノモノハ主トシソノ發音器ノ特性ニアル。發音器ハ直接聲帶代用ヲ營ムモノデアツテ人工喉頭ノ最重要ナ成分デアル。人工喉頭ノ發音器トシテ從來用セラレテキルモノヲ、大別スルト「ハーモカ」ノ笛ニ見ル様ナ金屬瓣ト「ゴム」膜トニタレル。Tapia 人工喉頭ノ夫レハ後二者ニ屬シキル。然シ「ゴム」膜ヲ之ニ應用シタノハ古1881年 Bruns ノ夫レニ遡ルノデアル。ソ後 Wolff 教授 (1884年) モ「ゴム」膜ヲ用タ人工喉頭ヲ發表シテキル。其後實ニ40年經過シテ1924年 Tapia ハ其人工喉頭ヲ發表タノデアル。

音體ニ金屬瓣ヲ用フルカ「ゴム」膜ヲ採ルカニテハ夫ター利一失ガアル。Sternガ“Kinder-ompetartig”ナル言葉ヲ以テ酷評シタノハ前者ノ缺點ヲ擧ゲテキルノデアラウ。今日國ニ於テハ尙Gノ調子笛ニ「ゴム」管ヲ連接タ簡單ナ型ノモノトシテ又 Mackenty ノ人喉頭トシテコノ金屬瓣ノ人工喉頭ガ用ヒラレキル。Tapia ノ人工喉頭ハ遙カニ之等ヨリ肉

聲ニ近い特性ヲ示シテキテ最モ廣ク使用セラレテキルノデアル。同ジク「ゴム」膜ヲ使用シタモノデモ Bruns ヤ Wolff ノモノハ今日之ヲ索メテモ得ラレナイ。且 Tapia トノ間ニ前述ノ如ク40年ノ年代の間隔ヲ有スル歴史的事實トソノ間ニ金屬瓣ノ人工喉頭ガ幾多續出シ米國ノ Mackenty ノモノモ比較的新シイニモ拘ラズ金屬瓣ヲ使用シテキル等ヨリ考察スルト兩氏ノ「ゴム」膜ハ Tapia ノモノヨリ特性ニ於テ可ナリ劣ツテキタト判斷スル外ハナイ。

然ラバ Tapia ノ人工喉頭ノ發音器デアル「ゴム」膜ヲ使用セル振動體ハ何故ニソノ聲名ヲ獲得シタカー應檢討シテミルコトハ人工喉頭ノ改善ノ上ニ緊要デナケレバナラナイ。物理學方面デ取扱ハレル膜ノ運動トカ發音體ノ研究ノ對照ニハ未ダ取上ゲラレテキナイモノニ Tapia 人工喉頭ノ「ゴム」膜(以下 Tapia ノ膜ト略省スル)ハ屬シテキテ一種特有ノモノデアル。私ハ人工喉頭ノ改善ト云フ目的ノ下ニ Tapia ノ膜ヲ主トシテ其運動ノ方面ヨリ觀察シテ二三ノ特性ヲ把握スルヲ得タ。

Tapia 膜ヲ介シテ偽音聲ノ波形ニ就テノ觀察ニ

於テハ既ニ大野及ビ田口⁽¹⁾兩氏ノ發表ガアル。
 ココニ取扱ハレタノハ母音デアルガ、其内「ア」、
 「オ」、「ウ」ニ對シテハ大體満足スベキ特徴固有
 波ガ得ラレテキルガ、「イ」、「エ」特ニ「イ」ニ
 對シテハ更ニ高イ「フォルマント」ヲ「ゴム」
 膜ニ要求シテキル。又發聲原理ニ關シテ『聲帶
 噴流ニ含マレテキル各種ノ部分音ヲ口腔共鳴ガ
 擴大作用ヲ行ツテ音聲減形ヲ造ル』ト云フ見解
 ヲ保持シ聲帶ノ代用ヲナス「ゴム」膜ヲ介シタ

噴流ノ持ツ「ハーモニックス」ヲ問題ニシテキ
 ル。更ニ Tapia ノ人工喉頭ガ他ノ笛ニ比較シ
 テ優レタ母音性(子音性モ)ヲ有スル理由トシ
 テ Tapia ノ「ゴム」膜ガ自己振動ノ性質ニ稀
 薄ナコト、從ツテコレニ附屬スル空氣ノ柱及ビ
 コレヲ包ム材料ノ性質ニヨツテ規定セラレル強
 制振動ニ從ヒ易イコト(勿論口腔ノ形ニモ)ガ舉
 ゲラレテキル。

2. Tapia ノ人工喉頭特ニ其「ゴム」膜ノ構造

Tapia ノ人工喉頭ハ全體トシテ第1圖ノ如ク
 デアツテ「オリーブ」形ノ銀製ノ發音箱⁽²⁾ノ上
 下ニ「ゴム」管(1及ビ4)ガ連通シテキル。
 下方ノ夫レ⁽⁴⁾ハ患者ノ前頸部ニ装着セラレタ氣

Fig. 1. Tapia 人工喉頭

管套管ニ嵌入スル如ク銀製ノ丁字管⁽²⁾ニ連接シ
 テキル。コレニヨツテ發音體ニ働ク氣流ヲ送ル
 ノデアル。發音箱ノ上方ノ「ゴム」管⁽¹⁾ハ其末
 端ガ斜ニ切ラレテアツテ患者ガ夫レヲ口腔ニ銜
 ヘル。ココニ導カレタ噴流ガ構音運動ニヨツテ

音聲ニ成ル。

扱テ、發音箱ヨリ取出シタ發音體ハ第2圖ノ如
 ク銀製ノ管ノ末端デアル弁口ニ「ゴム」膜ガ裝
 着セラレテキル。ソノ「ゴム」膜ハ第3圖ノ如

Fig. 3. Tapia ノ膜(森末ノ改良セル)

ク「ゴム」板ヲ十字形ニ切り弁口ニ適應スル大
 イサノモノヲ採リ其4ツノ脚ヲ弁口ノ管ノ周圍
 ニ「ゴム」輪ヲ以テ適宜ニ装着セラレタルモノ
 デアル。十字形ノ「ゴム」ノ中央ノ正方形ニ大體
 内切スル如キ部分が大體振動膜トシテ利用セラ
 レルコトハ後ニ示ス所ノ様デアル。コノ正方形
 ノ部分ノ四隅ヲ第3圖ノ如ク半圓形ニ切除スル

ノハ特ニ私が膜運動ノ理論ト實際ノ上カラ發音器ノ性能ヲ高メル爲ニ行ツテキルノデアツテ、Tapia ノ原法ニハ之ハ施サレテキナイ。Tapia ノ膜ハ普通適宜ノ厚サノ彈性「ゴム」膜ヲ缺ヲ以ツテ切ルノデアルカラ件ノ4隅ハ多少共不正形デアリ。又誤ツテ切り離サレ勝デアル。然シ、コノ1cm平方ニ過ギヌ「ゴム」膜コソハ患

者ノ失ハレタ聲帶ノ代用ヲナスベキモノデアツテ、コトココニ思フ致スナラバ誰シモ之ヲ等閑視出來ナイ筈デアル。私ハ Grünwall ノ鉗子ノ小型ノモノヲ以テ件ノ4隅ヲ整ヘルコトヲ創メタノデアルガ、コノ簡單ナ操作ニヨツテ音聲ノ質ハ確カニ良クナルノデアル。

3. 「ゴム」膜ノ吟味ト其装着上注意スベキ事項

Tapia ノ膜ノ中央部ノ正方形ノ部分が實際振動ニ役立ツテキル。扱テ、理論上⁽²⁾膜ト稱セラレルノハ完全ニ可撓性ヲ有シテ非常ニ薄ク且ツ等質ナモノヲ意味シテキル。斯様ナ膜ノ振動ヲ起スモノハ其張力デ此場合ニモ色々ナ振動様式ガアル。今、膜ガ4角トシテツノ4邊ガ固定サレテキル時ノ最モ簡單ナ振動様式ハ全體ガ同時ニ一方ノ側ハ振レルモノデアル。モット複雑ナモノハ直線又ハ曲線ヲ節トシ多クノ區分ニ分レテ振動スルモノデ節線ノ兩側ノ部分ノ振動方向ハ常ニ反對ニナル。今直交軸 ox, oy フトリ膜ノ二邊 oa, ob フ之ニ重ネルトスルト、膜ノ上ノ任意ノ點 (x, y) ノ變位ヲ ω トスレバ⁽³⁾ハ理論上

$$\omega = \sin \frac{h\pi x}{a} \sin \frac{k\pi y}{b}$$

$$h = 1, 2, 3, \dots$$

$$k = 1, 2, 3, \dots$$

デ與ヘラレル。

膜ノ一般ノ振動ハ h, k ニ上ノ色々ノ値ヲ與ヘタモノ、重疊カラ成ルト考ヘラレルモノデアアル。

任意様式ニ對スル振動數 N_{hk} ハ次式デ與ヘラレル。

$$N_{hk} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{F}{\rho} \left(\frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} \right)}$$

F ハ膜ノ張力、 ρ ハ面密度(單位面積ノ質量)デアル。

扱テ、後述ノ如ク Tapia ノ膜ハ理論的ノ膜トハ可ナリ異ナツテキルガ、コノ振動數ハ上式カラ面密度ノ平方根ニ反比例シ膜ノ張力ノ平方根ニ正比例シ又膜ノ邊ノ長サニ反比例スルモノト考ヘテヨイ筈デアル。Tapia ノ膜ノ中央部ノ正方形ノ一邊ハ弁口ノ直徑トノ關係上7mm トスルノガ適當デアリ。振動數モ我々ノ普通ノ會話音ニ大體一致セシメネバナラナイ。コノタメニ所望ノ面密度ト張力トヲ有スルガ如キ「ゴム」膜ヲ求メルト云フコトニナルガ之ハ理論的ニ考ヘテモ仲々困難ナ問題デアル。

先人ハ既ニコノ點ニ注意シテ工夫ヲ凝ラシテキルノデアル。古クハ Wolff 教授ノ人工喉頭ハ「ゴム」膜ヲ發音體トシテ使用シテキルガ、螺子ニヨツテソノ張力ヲ加減スル裝置ヲ施シテキル。又 Mackenty ヤ Iglauer⁽⁴⁾ ノ人工喉頭ニハ「ハーモニカ」ノ舌管ヲ發音體ニ用ヒテキルガ、コノ場合ニハ舌管ノ振動スル部分ノ長サヲ調節シテ所望ノ振動數ヲ得ル如ク考案シテキル。此等ノ裝置ハ發音體ノ振動數ヲ所望ノ域ニ固定セシメルモノデアツテ、私ノ人工喉頭ノ様ニ發聲時任意ニ調子ノ變化ヲ與ヘル様ナコトハ

出來ナイノデアル。然シ此等ハ人工喉頭ニヨル音聲ヲ少シデモ自然ナ人間ラシイモノニセントスル努力ノ所産デアツテ尊イ。

所ガ Tapia ノ人工喉頭ニハ此等ノ工夫ハ利用スルコトガ出來ナイ。何トナレバ、「ゴム」ヲ装着スル場合コレト弁口斷端トノ距離ノ如何ニヨツテ、「ゴム」膜ノ質ナド問題ニナラヌ位ノ振動數ノ變化ヲ起スカラデアル。而シテ、Tapia ノ人工喉頭デハコノ調節ハ全ク經驗的ニ行フノデアツテ可ナリノ熟練ト少カラヌ時間トヲ要シ最好適ノ状態ニ置クコトハ偶然ノ機會ノ他ハ不可能ナリト言ツテモ過言デハナイ。實際、Tapia 人工喉頭ヲ手ニ取ツテ取扱ツタコトノアル人ハ例外無クココニ最大ノ困難ヲ見出スノデアル。私ノ人工喉頭ニ於テハ「ゴム」膜ト弁口トノ距離ヲ自由ニ且ツ微細ニ變化セシメル音高調節裝置ヲ有シテキテ、Tapia 人工喉頭ノ最大ノ缺點デアリ殆ド不可避ノナ此困難ヲ極メテ容易ニ且ツ完全ニ克服シテキルノデアル。

而シテ、音高調節裝置ヲ有スル私ノ人工喉頭ヲ以テ實驗スルト如何ナル「ゴム」膜ガ Tapia 式ノ人工喉頭ニ適當デアルカラ比較的容易ニ且ツ正確ニ判斷出來ルノデアル。ソノ結果ヲ一括スルト下ノ様デアル。

(1) 中央部ノ正方形ノ一邊ノ長サハ 7 mm. ガ適當デアル。コノ一邊ノ長サハ前掲ノ式カラモ振動數ニ極メテ大キク影響スルコトガ判ル。又 Tapia 人工喉頭ノ弁口ノ口径トノ關係モアツテ 7 mm. ガ最適デアル。

(2) 質ハ彈性ニ富ンダ。餡色ノ「生ゴム」

ガヨイ。

コノ彈性ニ富ンデキルト云フ點ガ極メテ大切デアル。

人工喉頭ニ使用スルト「ゴム」膜ハ絶ヘズ溫度ノ高イ氣流ニ觸レ往々ニシテ濕潤シテ水滴ヲ附着スル。コノ際不純物ノ多イ多孔質ノ「ゴム」デアルト白ク膨レテ彈性ヲ失ヒ、經驗上極メテ都合ガ悪い。製品トシテハ齒科用ノ rubber dum. ニ用フル上質ノ「ゴム」板ナド最適デアルガ、手術用「ゴム」手袋ノ不用ニナツタモノヲ利用シテモヨイ。後者ハ稍々質ガ硬クテ彈性モ稍々劣リ、音聲ハ硬イ感ジヲ與ヘルガ、十分使用ニ堪ヘル。

(3) 次ハ面密度デアルガ大體ノ目度ヲ言フド、稍々厚手ノ手術用ノ「ゴム」手袋ノ厚サ位ガ適當デアル。薄イト輕イ呼氣ガ克ク振動スルカラ發聲ニ樂デアルガ、弁口ニ吹キ當テラレタ際容易ニ伸展シテ之ヲ閉鎖シテシマフコトガ起ツテ音聲ハ屢々中絶シ極メテ不快デアル。又薄イト弁口ニ吹キ當テラレタモノガ衝擊シテ舊ノ態勢ニ復歸スル力ガ少イコトモ弁口閉鎖ノ原因トナルガ又同時ニ弁口ニ活潑ニ衝擊シテヨキ「ハーモニックス」ヲ得ルニモ不適當デアル。厚イモノハコレラノ點都合ハヨイガ、コレヲ振動セシメルニ可ナリ肺カラノ送風ガ必要デ會話ニ苦シミヲ感ズルコトガアル。「ゴム」膜ノ選擇ヲ誤ラズ且ツ装着法ガ適當デアレバ Tapia 人工喉頭ヲ以テシテモ我々が普通話ス程度ノ努力デ可ナリ明瞭ナ會話ヲ可ナリ長時間ニ亘ツテ樂ニ營ミ得ルノデアル。

4. 「レントゲン」像ヨリ觀タル膜ノ運動

理論上膜ト稱セラレルノハ完全ニ可撓性ヲ有

シテ非常ニ薄ク且ツ等質ナモノデアリ、コノ様

ナ膜ノ振動ヲ起スモノハ其張力デアル。Tapia
ノ膜ハ既述ノ如クデアツテ理論上膜ト稱セラレ
ルモノヨリ遙カニ離レテキル。然モ其起動ハ膜
ヲ弁口ノ方向ニ吹キ付ケル氣流ニ因ツテキル。
コノ氣流ハ肺ヨリノ呼出氣デアツテ膜ニ働ク壓
力モ毎常多少ノ變動ヲ免カレス。

私ハコノ様ナ膜ノ運動ヲ人工喉頭ニ於ケル有リ
ノ儘ノ状態ニ於テ觀察スル爲ニ、先ヅ「レント
ゲン」寫眞ニ其方法ヲ求メタ。

實驗方法。 Tapia ノ膜(第4圖ノ斜線ノ部分)
ニ細粉狀ノ鉛化合物デアル鉛丹(Pb_3O_4)ヲ「ゴ
ム」糊ニテ附着セシメ、コム帶狀ノ部分が膜ノ
他ノ部分ヨリ一段ト「レントゲン」線(以下「レ」
線)ヲ吸收スル如クシタ。斯様ニシタ膜ヲ人工
喉頭ニ装着シテ適當ナ方向ヨリ「レ」線ノ放射ヲ
行ヘバ振動シテキル Tapia ノ膜ヲソノ中心ヲ通

Fig. 4. Tapia ノ膜ニ施セル造影劑塗布帶

過スル線(第4圖)ニ於ケル斷層面が得ラレル
筈デアル。Tapia 人工喉頭ノ膜ノ張り方ノ具合
即チ、膜ト弁口トノ距離關係ニヨル振動ノ影響
ヲ觀ル爲ニハ私ノ人工喉頭ノ音高調節裝置ヲ其
儘利用シタ。唯、膜ヲ張ル弁口ノ内側ニ沿ツテ
出入スル管ハ「レ」線ノ透過度大ナル物質ニ代ヘ

膜ノ運動ヲ觀察スルニ便ニ供シタ。尙ホ觀察ヲ
妨ゲナイ爲ニ發音器ヲ容ル、箱モ金屬ノ代リニ
薄イ「セルロイド」ヲ用ヒ、最モ自然ニ近イ振
動ヲ見ル爲ニ人工喉頭ヲ用ヒテキル患者ノ前頸
部カラノ呼出氣ニヨツテ膜ヲ振動セシメタ。

第5圖ハ膜ノ靜止時デアル。ココニ膜ト弁口ト
ノ間ノ間隙がヨク見ラレル。第6圖ハ第5圖ノ
位置ニ張ラレタ膜ノ振動像デアル。コノ時ノ振
動數ハ約130デアアル。「レ」線像ニヨルト膜ノ
運動範圍ハ面積トシテ明瞭ニ見ラレル。ソノー
側ノ限界ハ膜ノ靜止時ノ位置ニ大體一致シテ
キルガ、僅ニ他側ニ向ツテ壓迫セラレテキル。
他側ノ限界ハ中央部ガ弁口ヲ形成スル金屬ノ爲
ノ強イ陰影ニヨツテ缺ケテキルガ、ソノ曲線ハ
第7並ニ8圖カラモ想像セラレル。コノ3ツノ
「レ」線像ハ相互ニ著シク異ナツタ膜振動ノ状態
ヲ示シテキル。即チコノ三者ハ Tapia 人工喉
頭ニ於ケル「ゴム」膜ノ張り具合ノ3ツノ代表
的ナ場合ヲ示シテキルノデアル。即チ、第6圖
ハ膜ト弁口トノ間隙ガ極メテ大ナル場合、第8
圖ハ夫レガ極メテ小ナル場合デアリ、第7圖ハ
大體ソノ中間ニアツテ至適ノ場合デアル。振動
數ハ第7圖ノ場合ニハ約90デアリ、第8圖ノ
場合ニハ約300デアアル。

扱テ、コノ3ツノ場合ハ何レモ私ノ人工喉頭ニ
於テ弁口ヘノ膜ノ裝置ハ第5圖ノ靜止時ト全ク
同一ノ状態ニ置キ、弁口ノ内側ヲ摺動スル内管
ノ出入ニヨツテ之ト膜面トノ距離ヲ加減シタモ
ノデアル。其内管ハ實施目的ノ爲「レ」線ノ透過
度大ナル「セルロイド」ニテ作ツタモノデ僅ニ
ソノ兩端ノ斷面が見ラレル。コノ2本ノ棒狀ノ
影陰ノ高サニ於テ内管タル圓筒ノ末端ガアリ、
實際 Tapia 人工喉頭デハ之ガ弁口ノ末端ニ

致スルワケデアル。是即チ、Tapia ノ膜ノ張り具合ヲ代表シテキル所以デアル。

此等ノ「レ」線像カラ次ノコトガ知ラレル。

1. Tapia ノ膜ハ振動ノ度毎ニ必ズ弁口ニ打當ツテキル。氣流ニヨツテ弁口ニ向ツテ吹き當テラレテキル。吹き當テラレタ「ゴム」膜ハ丁度聲帯ノ閉鎖ノ様ニ口腔ヘノ氣流ヲ瞬間的ニ杜絶セシメルノデアル。コノ事實ガ Tapia ノ膜ニ人工喉頭ノ振動膜トシテノ特性ヲ與ヘル最モ大キナ原因デアルト考ヘル。而シテコノ吹き當テラレテキル期間ガ「ゴム」膜ノ振動ノ全周期ノ内比較的長イ期間ヲ占メテキルコトハ「レ」線像ニ於ケル陰影ノ度カラモ見ラレルガ、コノ點後述スル高速度活動寫眞ニヨツテ一層明瞭ニ見ラレル。吹き當テラレ強ク弁口ニ衝擊スルコトニヨツテ、高イ「フォルマント」ヲ得ル爲メノヨキ「ハーモニックス」ヲ期待スルコトガ出來ル管デアリ、同時ニ「ゴム」膜ノ個有振動ノ特性モ稀薄トナルコトガ考ヘラレル。要之、「ゴム」膜ガ弁口ニ振動毎ニ吹き當テラレルコトニヨツテ、聲帯ノ瞬間的閉鎖ニ比スベキ動作ガ行ハレ、一般ニ人工喉頭ニハ困難トセラレル無聲音ノ發聲モ Tapia ノ膜デハ可ナリニヤリコナセ、且ツ「ハギレ」ノヨイ音響ガ得ラレルコトニナル。又「ゴム」膜ガ金屬製ノ弁口ニ衝擊スルコトニヨツテ良キ「ハーモニックス」ガ得ラレ音聲ノ質ガ良クナルノデアル。

擬テ、コノ事實カラ人工喉頭ノ改善ヘノ極メテ大キナ示唆ガ與ヘラレル。即チ、コノ瞬間的閉鎖ノ時間ヲヨリ短クシ且ツ活潑ニ吹き當テルコトニ依ツテ十分ナ「ハーモニックス」ヲ得ルコ

トガ暗示セラレル。

2. 膜ノ振動ハ其斷面ヨリ觀ルト、弁口ノ筒ニ「ゴム」膜ノ4ツノ脚ヲ固定セラレテキル部分ヨリ「ゴム」膜ノ中央部ノ正方形ノ部分ニ到ル間脚ノ部分ニ節點ヲ有スルガ如キ振動デアル。即チ、兩節點ヲ徑トスル如キ單弦運動ニ近イ振動デアル。

3. 膜ヲ装着スル場合弁口斷端ヨリノ距離が大ナル程個有振動數ハ減少スルガ、其原因ハ振動ノ徑が大トナルコトニ在ル事實ヲ知ル。

4. Tapia ノ膜ノ振動ハ常ニ弁口ノ方向ニ一定ノ壓力ガ作用シタマ、行ハレテキルコトガ判ル。而シテソノ程度ハ「ゴム」膜ト弁口斷端トノ距離ガ小ナル程大デアル。コノコトハ「ゴム」膜ニ張力ガ加ハルコトヲ示シテキル。即チ「ゴム」膜ト弁口トノ距離ヲ小トスレバ、振動ノ徑ガ小トナルト同時ニ「ゴム」膜ノ張力が増加シ兩々相俟ツテ個有振動數ガ増加スルコトガ判ル。

5. 陰影ノ濃淡カラ「ゴム」膜ガ弁口ニ衝擊シテキル期間ガ振動ノ全周期ノ内比較的大デアルコトが見ラレルガ、第8圖ノ如ク極端ニ「ゴム」膜ト弁口トノ距離ガ小デアツテ「ゴム」膜ノ張力ガ著シク強ク働イテキル場合ニハ寧ロコノ期間ハ短イ。コレハ張力ノ關係上當然デアルガ、コノコトハ高イ「フォルマント」ヲ得ルタメノヨキ「ハーモニックス」ヲ期待スル上ニハ注意セネバナラス大切ナ點デアル。實際、「ゴム」膜ト弁口斷端トノ距離ヲ小トスレバ個有振動數ハ増加スルガ、ソノ極端ナ場合ニハ母音「イ」ノ如キ高イ「フォルマント」ヲ要スルモノハ却ツテ不明瞭トナルノデアル。

5. 高速度活動寫眞ヨリ觀タル膜ノ運動並ニ考察

某断面ニ於ケル膜ノ運動ハ前述ノ「レ」線像ニヨツテ十分見ラレルガ、膜全體トシテノ運動ヲモ併セ觀察シテ綜合的ニ考察シタイ。

實驗方法、Tapia ノ膜ニ第9圖ノ如ク白「イ

Fig. 9. 觀察ノ便ノ爲 Tapia ノ膜ニ
施セル方眼

シキ」ヲ以テ方眼ニ白線ヲ引キ、觀察ノ便ニ供シタ。コノ膜ノ振動ヲ Ciné-Kodak “Special” ヲ以テ毎秒 64 齣ニテ連續撮影ヲナシ併セテ Contax ヲ以テ $\frac{1}{100}$ 秒ノ瞬間撮影ヲ行ヒ綜合觀察スルコトニシタ。膜ヲ振動セシメルニハ、便宜上振動箱ノ空氣ノ出口ヨリ逆ニ吸フ方法ヲ採ツタ。コノ方法ニ因ツテモ膜ノ振動狀態ニハ自然ノ狀態ニ於ケルト大ナル變化ハナイ筈デアル。觀察ノ便ノ爲、膜面ト撮影方向トハ大體 45°ノ角度ヲ保持セシメタ。

第 10—12 圖ハ毎秒 64 齣ノ高速度活動寫眞ニヨル連續像(但シ陰畫)デアル。ココニ於テ、全體トシテノ膜ノ振動ノ狀態ノ概略ガヨク見ラレル。第 13—15 圖ハ Contax ノ $\frac{1}{100}$ 秒撮影デ一齣宛ノ單獨撮影デアル。此等ヲ觀察スルト、膜ガ振動毎ニ弁口ニ打當ルノハ弁口ノ全周ニ對

シテ同時デアルコトガ判ル。更ニ十字ニ切ラレタ膜ノ中央部ノ正方形ノ對角線ヲ大體直徑トシタ圓形ノ部分ガ弁口ノ斷端ノ面ニ於テ夫レト直角ノ方向ニ内外ニ振動シテキル。(私ガ Tapia ノ膜ノ三隅ヲ半圓形ニ切除シタ理論の根據ハ此處ニアル)。コノ運動ハ粗觀上件ノ圓周ノ任意ノ二點ヲ節點トシテキル。更ニコノ運動ハコノ二點ヲ兩端トシテ膜面ニ直角方向ノ單一調和運動 einfache harmonische Bewegung ニ近イモノト看做サレル。尤モ粗眼の觀察ニ過ギナイ。Tapia ノ膜ノ運動ヲ純然タル單一調和運動ノ累積ト看做スワケニ行カヌ點ハ前述ノ如ク毎回弁口ニ衝突シテ「ハーモニックス」ノ得ラレル點ト起動力タル送風ノ爲ニ多少トモ弁口ニ向ツテ壓迫セラレタ狀態ニアツテ張力ノ變化ヲ伴ツテキル點デアル。

扱テ、振動スル圓形ノ部分ノ振動ノ徑ハ膜ト弁口トノ距離ノ大小ニヨツテ變化スルコトが見ラレル。即チ、第 13, 14, 15 圖ハ夫々「レ」線像ニ於ケル第 7, 6, 8 圖ト同一狀態ニ於ケル振動ヲ示スノデアツテ膜ト弁口トノ距離ヲ漸次小トスレバコレニ伴ツテ前述ノ断面ニ於ケル直徑モ縮小シ窮極ハ弁口ノ内徑ニ一致スルノデアル(Fig. 8)。反對ニ膜ト弁口トノ距離ヲ漸次大トスレバ此直徑モ増大スルガ之ニハ一定ノ限度ガアツテ、此限度ヲ越ヘタ場合膜ハ振動シナイ。コノ兩限界ノ間ニ於テハ膜ハ振動シ得ルガ、コレガ爲ニハ必ず適應ノ壓力ヲ有スル氣流ヲ送ルコトが必要デアル。即チ、膜ト弁口トノ距離ノ大ナル程大ナル氣壓ヲ加ヘネバナラナイ。所ガ我々が發聲スル場合ニハソノ個人ニハ習性トシテ或

一定ノ氣壓ヲ保有シテ聲帶ヲ振動セシメテキル。特ニ大聲又ハ小聲ヲ發スベク氣壓ヲ變化セシメルニ當ツテハ聲帶ハ其張力ヲ適宜調節シテソノ氣壓ニ適應スルモノデアルコトハ既ニ周知デアル。ココニ於テ Tapia ノ膜ニハ致命的ナ缺點ガアル。即チ、或氣壓ニ對シテ最好適ノ振動ヲ起スベク Tapia ノ膜ト弁口ノ距離モ調節スルコトノ困難ト又使用者ガ肺呼氣ヲ大體一定ニ保タネバナラスト云フ厄介トデアル。コノ點私ノ人工喉頭ハ Tapia ト同様「ゴム」膜ヲ使用シテキルノデアルガ、膜ト弁口ノ距離ヲ弁口ノ内側ヲ摺動シテ出入スル内管ニヨツテ自由ニ調節スル事ニヨツテ全く此缺點ヲ克服シテキルノデアル。大體ノ目度トシテ Tapia ノ人工喉頭ノ膜ヲ調節スルニハ膜ノ4隅カラ弁口ノ内側ガ極メテ僅カニ窺見セラレル程度ニ「ゴム」板ヲ十字狀ニ切り取り、コレヲ裝置シタ場合膜ト弁口ノ間隙ハ「ゴム」ノ質ニモヨルガ、大體1乃至1.5 mm トシテ、後ハ幾回カ少シ宛「ゴム」膜ノ張り具合ヲ加減シテ經驗的ニ最モヨイ點ヲ求メルガヨイ。

又ココニ見ル寫眞並ニ前ノ「レ」線像ニ於テ觀ラル、如ク Tapia ノ膜ハ常ニ送風ノ方向ニ壓迫セラレタ狀態デ振動シテキル。急ニ大キナ壓力ガ加ハルト Tapia ノ膜ハ「ゴム」ノ特性上伸展シテ弁口ヲ往々ニシテ閉塞スル。コレハ小供ガ「ゴム」風船ニヨツテ窒息スルコトカラ容易ニ判ル。Tapia ノ人工喉頭デハ時々話中ニ振動杜絶シ話ガ中絶シテ不快デアルガ、之ハ後述ノ如クニ改良セラレネバナラナイ。

「レ」線像ニ於テモ觀ラレ、又活動寫眞ノ「フィルム」カラモ判ル如ク、膜ノ運動周期ノ内、弁

口ニ吹き當テラレテキル期間ガ比較的長イノデアル。コレハ上述ノ如ク氣壓ガ膜ノ一面ニ働ケ結果トシテ當然デアルガ、弁口ヲ閉塞スル危險ヲ多分ニ包藏シテキル他ニ、「ハギレ」ノ良イ音聲ヲ得ル爲ニ支障トナルモノデアツテ改良セラレネバナラスト重要ナ點デアル。「ハギレ」ノ良イ音聲ヲ得ル爲ニハ聲帶ガ急激ニ閉閉シ且ツ瞬間的閉鎖ガ可能デナケレバナラナイ。人工喉頭ノ膜ニモ同様ノコトガ要求セラレル。之モ後述スル如ク私ハ一定ノ成功ヲ收メテキル。

「レ」線像並ニ此處ニ見ル寫眞カラ容易ニ判ルコトデアツテ Tapia ノ膜ヲ輕快ニ振動セシメルニ緊要ナ點ガ更ニ一ツアル。夫レハ膜ハ前述ノ如ク圓板ノ振動ヲ營ンデキルガ、コレヲ弁口ノ圓筒ニ裝着スル場合、十字形ノ「ゴム」板ノ4ツノ脚ヲ可成長ク保有スル如クスレバ振動ガ容易デアルト云フ點デアル。コノ點デハ Tapia 教授ガ創ツタ人工喉頭ハ其儘デハ感心出來ナイ。Tapia ノ人工喉頭ガ可ナリ發聲ニ努責ヲ要スル原因ノ一ツハ明瞭ニコ、ニアル。コノ點留意シテ私ハ人工喉頭ヲ試作シタ。嘗テ本村⁽⁹⁾氏ハ Tapia ノ人工喉頭ヲヨリ一層小型ノモノトシテ發聲モ音聲ノ質モ良好ニナツタト發表シテキル。記載ガ詳細デナイガ少クトモ Tapia 人工喉頭ノ改良ヲ示唆シテキル。尤モ我國ニ於テ普及セラレテキル器械ハ Tapia ノ原型トハ稍々異ナツテキルノデアル。即チ、原型デハ弁口ノ内徑ハ約5 mm 位カラ奧ハ次第ニ細マリ導出管ノ内徑ト大體一致シテキルガ現在マデ我國ニ普及シテキルモノハ弁口ノ口徑ソノマ、奧ニ進ミ導出管トノ移行部ニ段ガ形成セラレテキル。而シテ原型ノ方ガ發聲ガ容易デアル點ハ遺憾デア

ル。

何故我國＝現在普及シテキル Tapia 人工喉頭が斯カル些細ナ相違ノ爲メ原型＝劣ルノデアラウカ。本編＝私が記述シタコロカラソノ最も大キナ原因ノ一ツヲ舉ゲルコトが出来ル。夫レハ「ゴム」膜ハ弁口ノ方向＝向ツテ壓迫セラレタ状態デ振動シテキル事實ト關聯シテキル。即

6. 結

Tapia ノ人工喉頭ニ於ケル「ゴム」振動膜ハ特徴＝満チタモノデアルガ、之ヲ改良スル着眼ノ下＝其運動ヲ「レ」線並ニ高速度活動寫眞ニヨツテ觀察シタ結果次ノ如キ結論＝到達シタ。

(1) Tapia ノ膜ハ毎振動必ズ弁口＝衝突シテキル。個有振動ノ特性＝稀薄デアルト云フ特性ハココ＝由來スルノデアラウ。

Tapia ノ人工喉頭デハ無聲音ノ發聲が比較的容易デアル理由モ、コノ膜ガ弁口＝衝キ當ルコトガ聲帶ノ急激ナ瞬間的閉鎖＝代ルベキ作用ヲ營ムタメト考ヘラレル。又コノコトニヨツテ「ハギレ」ノ良イ音聲が得ラレルワケデアル。

(2) Tapia ノ膜ハ其特徴ノ反面極メテ大ナル缺陷ヲ有スルモノトサレテキル。夫レハ「ゴム」膜ヲ装着スル加減ノ困難ナ點デアツテ、實際上ノ大問題デアル。即チ、膜ト弁口トノ間ノ距離＝ヨツテ之ヲ振動セシメル＝好適ノ氣流が必要デアリ、且ツ他面之ニヨツテ著シク音聲ノ高サガ變化スル。コノ缺點ヲ除去シテ實用的＝便ナラシムルニハ「ゴム」膜ト弁口トノ小サイ距離ヲ自由ニ且ツ微細ニ變化セシメ得ル裝置が必要デアル。コノ裝置ハ私ノ音高調節裝置＝外ナラナイ。

(3) Tapia ノ膜ハ弁口＝吹キ當テラレル關係上氣壓ガ急激＝昇ルト。「ゴム」膜ハ伸長シテ

チ、Tapia 人工喉頭ノ發音箱 (Fig. 1/3) 内＝一定ノ陽壓ガ支配シテキナケレバナラナイ。コノタメニハ弁口ノ稍々奥ハ弁口斷端ノ口徑ヨリ小デアル方ガ肺ヨリノ送風ガ樂＝發聲出來ル筈デアル。本村氏ノ試作品ガ發聲容易ナリシ原因モココニ存シテキタノデアラウト考ヘル。

論

弁口ヲ全ク閉鎖スルコトガ往々アル。コレガ即チ Tapia 人工喉頭ニテハ話中＝發聲ガ杜絶スル原因デアツテ、改良セラレネバナラナイ。

(4) 「ゴム」膜ガ更ニ一層急激＝力強ク弁口＝衝突シ然モ弁口ヲ絶對＝閉鎖セシメナイ如クスレバ、高イ「フォルマント」ヲ得ル＝必要ナ「ハーモニックス」ガ得ラレ、且ツ「ハギレ」ノ良イ音聲が得ラレ、尙ホ且ツ大聲ガ發セラレル筈デアル。

(5) Tapia ノ膜ハ十字狀デアルガ、實際振動膜トシテ働クノハ中央部ノ正方形ノ部分＝内切スルカ或ハ之ヨリ僅カ＝大ナルガ如キ圓板デアル。從ツテ、正方形ノ部分ノ四隅ヲ小サイ Grünwald ノ鉗子デ少シ切除シテ置クト音質ブヨクスル上ニ役立つ。

(6) 前項ノ圓形ノ振動板ヲ支ヘル4ツノ脚ヲ可成長ク保有スル如ク弁口＝装着スル方ガ振動ハ輕快デアリ、ヨキ「ハーモニックス」ヲ得ル＝便デアル。コノタメニハ Tapia 人工喉頭ノ弁口ノ内徑ハ其儘デヨイガ、其壁ノ厚ミト斷端部ノ彎曲ヲ増大スル必要ガアル。

(7) 現在我國＝普及シテキル Tapia 人工喉頭ハ弁口ノ内方ガ稍々原型ト異ナツテキル。而シテ原型ノ方ガ發聲容易デアル。

御指導並ニ御校閲ヲ賜ハツタ指導教官齊藤大佐殿ニ深甚
ノ謝意ヲ表ス。

文 献

- 1) 大野, 田口: 日本音響學會誌, 第2輯(1940) 2) (1936). 4) 本村: 耳喉, 9 (1936).
石本: 音響學. 3) Iglauder: Ann. of Otol. 45

。(原稿到着=昭和16・10・30)

— 急 載 —

森 末 論 文 附 圖

人工喉頭ニ於ケル Tapia ノ「ゴム」振動膜ト其運動ニ關スル實驗的研究

Fig. 2.

Tapia ノ膜 (傘口ニ装着セラレタル)

Fig. 5.

靜止時ノTapia ノ膜ノ「レ」線斷面像 (i. R. ハ内管壁)

Fig. 6.

運動時ノ Tapia ノ膜 (Fig. 5. ノ如ク装着セル)

Fig. 7.

運動時ノ Tapia ノ膜
(膜ト傘口トノ距離大ナル場合)

Fig. 8.

運動時ノ Tapia ノ膜
(膜ト傘口トノ距離小ナル場合)

Dr. Arata Morisue: Experimentelle Untersuchung über die TAPIA' sche Gummizunge und ihre Bewegung im künstlichen Kehlkopf.

森 末 論 文 附 圖

人工喉頭ニ於ケル Tapia ノ「ゴム」振動膜ト其運動ニ關スル實驗的研究

Fig. 10.

活動寫眞像 (膜ト弁口トノ距離大ナル場合)

Fig. 11.

活動寫眞像 (膜ト弁口トノ距離中等度ナル場合)

Fig. 12.

活動寫眞像 (膜ト弁口トノ距離小ナル場合)

Fig. 13.

Contax 像 (膜ト弁口トノ距離大)

Fig. 14.

Contax 像 (膜ト弁口トノ距離中)

Fig. 15.

Contax 像 (膜ト弁口トノ距離小)

Dr. Arata Morisue: Experimentelle Untersuchung über TAPIA' sche Gummizunge und ihre Bewegung im künstlichen Kehlkopf.