THE JOURNAL OF THE
OTO-RHINO-LARYNGOLOGICAL SOCIETY OF JAPAN
日本耳鼻咽喉科学會會報
第55卷 第9號

—昭和27年9月発行—

原 著

K. TANAKA, M.D.: CORRELATION BETWEEN THE TUBAR
STENOSIS AND THE INTERNAL EAR LESION
CAUSED BY THE SOUND STIMULI

(Research on the causative factor of the occupational deafness)

Part II. Effect of continual application of pure tones

音響刺激による内耳病變と耳管狹窄症との
關係に就て（職業性難聴の病因究明）

第2篇 連續的純音による研究

岡山大学医学部耳鼻咽喉科教室（主任 高原滋夫教授）

医学士 田 中 敬 一
タ ナカ ケイ イチ

I 緒 論

著者は曩に基音は400～、最大振幅音1200～の特性を有するサイレンを用いて連續的騒音による内耳病變と耳管狹窄症との關係を研究し、此騒音によつて兩耳蝸牛殻第二廻轉下半部を中心とし第二廻轉及び第三廻轉に亘りコルチ器病變を示すが、特に耳管狹窄のある側に於て甚しく變化を現すことを觀察した。

然し乍ら連續的騒音による聽器障害に對して促進的因子となるべき此耳管狹窄症は、一休如何なる音に對して強く其作用を發揮するのであるか、即ち高音の聽器障害作用を強化するものか、又は低音のそれを強化するものか分析されて居ないので高音及び低音の純音を用いて實驗的究明を試みた。

II 實驗方針及び方法

動物の聽器障害の程度は、前篇に於て述べた理由により内耳コルチ器を検索して判定した。而して動

物、耳管狹窄手術法、生体固定法、標本作製法も前篇と全く同じである。即ち左耳を對照とし右耳に耳管狹窄症を起さしめて両内耳の同一部分が同一切片に載るよう標本作製して左右の比較に便ならしめた。

純音の音源としては高音は金属笛を、低音は沖電氣オーディオメーターを用いた。

(A) 金属笛は氣笛と同じく簡単な構造でありコンプレッサーに連絡して吹鳴せしめた。其音の大きさは音源とモルモットとの間隔に等しい距離に沖電氣8351型指示騒音計を置いて測定した所では、95 phonであつた。そして周波数は別に校正せられた松下無線唸周波発振器を用いて陰極線オスシログラフ上にLissajous図形を描かしめて測定した所では3400～であつた。此周波放の變動を防ぐためコンプレッサーと電源との間に電圧調整器を接続して常に100Vを保たしめコンプレッサーの氣圧を一定ならしめた。此波形は音源が笛であるから殆んど

完全な純音と看做される。

(B) 低音の音源としては優秀なる波形を有する金属笛を用いたかつたのであるが、技術的に強い低音を出すことは困難であるから、止むなく上記電気発振器を用いた。増幅器は図5の如きものを設計作製した。其周波数は256〜であつて発振器と増幅器との間には遮断周波数300〜の低域濾波器を接続した。此場合の音の大きさは高音の場合と同様測定した所では、105phonであつた。之より大きな音を出そうとすれば波形が歪むのでmax. 105phonに止めたのである。此波形も殆んど純音と看做される。さて騒音の量としては110phonのサイレンを30日間與えた実験では内耳に相当の変化を生じたから、左右の対照を更に明確にする爲、即ち左側は可及的に正常に保たしめ右耳にのみ変化を起す所を狙つて高音に於ては95phonを毎日8時間宛30日間與えた。低音は一般に内耳病変を起し難いと言われるので105phon, 毎日8時間宛60日間與えた。尚両耳に均等の刺激音を與えるため音源をモルモットの頭上に置いた。

III 實驗成績

(A) 高 音

モルモット10匹に對し右耳耳管狭窄手術を施し1週間後3400〜, 95phonの純音を毎日8時間宛30日間與えて生体固定した。此中標本作成に成功し且つ検鏡によつて明かに耳管狭窄を確認したもの4匹を得た。之等は何れも生存中、右耳鼓膜は灰白色に溷濁し、プライエル氏反應も減弱した。前庭機能障害は來さなかつた。

中耳及び耳管の所見は第1篇と大体同様であるから省略して以下4例の内耳について列記する。

34號、右耳耳管狭窄。左右の第二廻轉下半部コルチ器にのみ變化を認めるも其他廻轉のコルチ器は殆ど正常と變りない。今該部コルチ器について左右を比較すれば、其高さは左右とも正常大である。然し隧道内神経纖維は左耳に於て鮮明に見られるに比し右耳のそれは半分消失している。外柱狀細胞及び内柱狀細胞は右耳が稍々小である。聽毛は何れも消失している。外有毛細胞に於ては明かに左右の差異が認められ、左耳に於て各細胞の排列が稍々不規則となつて支持細胞中に落込み、核も淡染して排列稍々

亂れているに對し右耳に於ては各細胞は萎縮し支持細胞中に埋没して境界不鮮明となり、核の數も減少して居る。内有毛細胞は左右とも變化が認められない。網狀膜は右耳側が薄弱である。ヘンセン氏細胞は左右とも同程度に輕度の癒合を示している。其他ダイテルス氏細胞、クラヂウス氏細胞、内外螺旋溝上皮細胞は兩耳とも正常にして差異なく、神経系の變化も認められない。

36號、右耳耳管狭窄。變化は右耳第二廻轉下半部及び上半部に於て認められる。左耳同部位のコルチ器及び左右の其他廻轉コルチ器は殆ど正常像と變りがない。今右耳第二廻轉下半部の變化に就いて述べれば最も變化のあるものは外有毛細胞であつて聽毛消失し個々の細胞体は同質性体となつて境界不明となり、其支持細胞と共に癒合している。核も細胞の下方に轉移し染色悪く數箇を數うるのみである。内有毛細胞も核は萎縮し原形質は膨化して見える。外柱狀細胞は認められないが内柱狀細胞は赤染して見える。然し乍ら隧道腔の大きさは正常大であつて、ただ隧道内神経纖維が消失している。其他コルチ器各細胞の變化は殆んど認められない。

37號、右耳耳管狭窄。左右の第二廻轉下半部及び上半部コルチ器に變化を認める他は、他廻轉に於ける變化を認めない。左右第二廻轉コルチ器の變化は輕度であつて細胞は膨化癒合の傾向にあり、核も減少しているが、殆んど正常コルチ器の原形を保つていて隧道内神経纖維も兩耳に認められる。然し乍ら全連續切片を通じ左右の變化の差異を確認することは困難であつた。

40號、右耳耳管狭窄。4例を通じ比較的顯著なる對照を示せる1例である。變化は左右とも第二廻轉下半部及び上半部のコルチ器に認められ、他廻轉に於ては殆んど變化を認めない。第二廻轉下半部變化の對照が最も著しいから此部コルチ器について述べれば、其高さは左耳に於て殆んど正常大であるに對し右耳に於ては稍々低下している。従つて内外柱狀細胞は左耳に於て輕度彎曲し乍ら赤染して明かに認むるに反し、右耳に於ては屈曲甚しく且つ染色が悪い。

隧道腔もそれ故右耳に於ては狹小である。隧道内神経纖維も左耳に於て明かに認むるに反し右耳に於

ては殆んど消失している。外有毛細胞は左耳に於ては各細胞の排列正しく周囲細胞と癒合しても各細胞を區別し得、核も正常位に認められる。之に反し右耳に於ては各細胞の癒合の程度更に進み排列不規則となつて其支持細胞とを區別し得ない、且つ核も減少している。網狀膜も右耳の方が稍々薄弱である。内有毛細胞及び其支持細胞は左耳は殆んど正常であるが右耳側は輕度癒合している。ヘンゼン氏細胞及びクラヂウス氏細胞は左耳は正常であるが右耳は何れも膨化して癒合の傾向にある。其他内外螺旋溝上皮細胞の變化は輕度で左右の差異は認められない。神経系の變化は右耳の螺旋板内神経纖維の染色が稀薄である。節細胞も右耳に於ては核と原形質との境界が稍々不鮮明となつている(圖6参照)。

圖 5

圖 6

左 耳

右耳 (耳管狭窄)

(B) 低 音

モルモット6匹に對し右耳耳管狭窄手術を施し、術後1週間目から256～, 105phon, の純音を毎日8時間宛60日間與えた。此中標本作製に成功し且つ鏡檢によつて明かに耳管狭窄を認めたものは4匹である。中耳及び耳管の所見は高音の場合と同様であるから省略する。以下4例について其内耳所見を列記するが同様所見のものは一括して述べる。

1群(42, 45號)右耳耳管狭窄。變化は第一廻轉上半部から第四廻轉に及ぶ。今各廻轉コルチ器について簡単に記せば、第一廻轉上半部に於ては左耳は殆んど正常であるが右耳コルチ器各細胞は稍々不明瞭に見える。第二廻轉下半部に於ても左耳の正常であるに反し右耳は各細胞の境界及び隧道内神経纖維が稍々不鮮明である。第二廻轉上半部も左耳の正常であるに對し右耳の各細胞は稍々不明瞭で内柱狀細胞も消失して居る。然し隧道内神経纖維は認められる。第三廻轉下半部に於ては左耳コルチ器の外有毛細胞及びダイテルス氏細胞は輕度癒合しているが内外柱狀細胞は判然とし其他細胞も正常と變りがない。ただ隧道内神経纖維が稍々不鮮明である。然し右耳に於ては外有毛細胞及びダイテルス氏細胞の癒合が稍々進み左耳よりは不明瞭である。然し網狀膜其他細胞は正常と變りなく隧道内神経纖維は左耳よ

りも却つて判然としている。第三廻轉上半部に於ては左右の差異なく兩耳コルチ器の外有毛細胞及びダイテルス氏細胞は軽度癒合し、内柱狀細胞も不鮮明であるが隧道内神経纖維は判然として認められ、其他細胞は多少不明瞭であるが大體正常と變りない。第四廻轉に於ても左右の差異なくコルチ器各細胞は軽度乍ら癒合の傾向にあるが各細胞の境界を區別し得て、其變化は第三廻轉に於けるよりも軽度である。尙各廻轉に於ける神経系の變化は確認出来ない。

2群(47.49號)右耳耳管狭窄。1群と同じく變化は第一廻轉上半部より第四廻轉に及ぶ。第一廻轉上半部左耳のコルチ器は殆んど正常であるが右耳のそれは各細胞が癒合の傾向にあるため少々不明瞭である。然し乍ら隧道内神経纖維は明瞭に認められる。第二廻轉下半部に於ては軽度乍ら左右の變化の差異を認め左耳外有毛細胞、ダイテルス氏細胞、ヘンゼン氏細胞等は軽度癒合の傾向にあるが其他細胞は正常であつて隧道内神経纖維も明かに認められる。之に反し右耳に於ては内外柱狀細胞が屈曲せるためコルチ器の高さは稍低くなり外有毛細胞及びダイテルス氏細胞も癒合のため區別が困難である。ヘンゼン氏細胞も癒合しているが其他細胞及び隧道内神経纖維には異常がない。第二廻轉上半部コルチ器の變化も大體下半部と同程度であるが左右の差異は極く軽度に認められるに過ぎない。第三廻轉下半部コルチ器各細胞は軽度癒合しているが各細胞を區別し得て且つ隧道内神経纖維も明かに認め得る。然し左右の變化の差異は認められない。第三廻轉上半部に於けるコルチ器の變化は下半部より僅に進んでいるように見えるが左右の差異は認められない。第四廻轉に於ける變化は第三廻轉より軽度であつて且つ左右の差異も認められない。尙神経系の變化は各廻轉を通じ認められない。

IV 總括並に考按

(A) 高音

4例を通じコルチ器變化は第二廻轉殊に其下半部にのみ認められ、他廻轉に於ける變化は認められない。従つて左右の差異は第二廻轉に於て認められるのであるが4例の中1例(37號)には差異を認めな

いが他3例に於ては差異を認め、何れも右耳障害の進んでいる像を呈した。然し乍ら變化は軽度であつて最も著しい對照を示すもの(40號)に於ても其差異の程度は軽く、例えばコルチ器各細胞の左耳に於て軽度の癒合を示すに對し、右耳に於ては其癒合の程度が少々進み排列不規則となり、核も排列が亂れて染色不良となつてゐるに過ぎない。内毛細胞、内外柱狀細胞及びヘンゼン氏細胞の變化も軽く、且つ其左右の差異も軽度にして右耳隧道内神経纖維の不鮮明又は消失を認める以外には大きな差異は認められない。其他細胞の變化及び神経系の變化は認められない。

以上の成績によつて、95 phon, 3400~の高音性純音を毎日8時間宛30日間與えた實驗ではモルモット蝸牛殻の第二廻轉殊に其下半部に於て聴器障害を與え、且つ其變化は第一篇の110phonの騒音による内耳變化よりも軽度であるが、やはり此廻轉に於て耳管狭窄を有する内耳が然らざる健常耳管を有する内耳に比し、より多くの變化を來すことを確認した。従つて過度なる音響刺激によつて聴器障害を受ける場合、低音性音響よりも高音性音響によつて障害を受け易いという事實が諸家によつて指摘されて居るが、本實驗は少くとも高音による聴器障害に對して耳管狭窄症は促進的に共働するであろうと推測せしめる。

(B) 低音

I群は第一廻轉上半部より第四廻轉にかけてコルチ器變化を來すが、其變化は主として第二廻轉、次いで第三廻轉に來り他廻轉の變化は非常に輕微である。而して第二廻轉に於てのみ左右の變化の差異を確め、右耳のより多く障害されるのを見る。其他廻轉に於ては差異は認められない。

II群も第一廻轉上半部より第四廻轉に於てI群と同様のコルチ器變化を來し、其左右の變化の差異も第二廻轉に於てのみ認めた。尙兩群を通じ最も變化を來す第二及び第三廻轉に於ても、前述の高音による第二廻轉コルチ器の變化よりも軽度である。

さて低音による聴器障害は一般に軽度であるか殆んど認められないと言う人が多い。従つて著者の實驗に於ても音の歪まない程度に最大の音波を出力せしめて105phon, 256~の純音を毎日8時間宛60日

間與えたのである。然るに實驗成績に見る如く主として第二及び第三廻轉を中心としてコルチ器變化を來し、低音は上方廻轉に於て感受せられるという Helmholtz の説に一致しない所見を得、且つ亦其變化の程度が多量の音響刺激にも拘わらず輕微なることは、低音部コルチ器の抵抗力が大であるため低音を以て聽器障害を與えることは困難であると主張する人の意見を裏書するものではあるまいか。而して左右の變化を比較するに此低音部に於ては差異を認めず、耳管狭窄症は低音性音響障害に對し一見無關係の如く見える。然し乍ら注目すべきは第二廻轉の變化にして、左耳に於ては變化輕微であるに對し、右耳はより多く障害されて左右の差異を明かに認めることである。茲に疑問を生ずる點は如何にして低音によつて元來高音を感受すべき第二廻轉に於

て變化を招來したかということである。

耳管狭窄手術其のものによつては内耳病變を來さない事は前篇の實驗に於て既に証明した。從つて第二廻轉に於ける變化は256～という低音性純音によるものであり、其右耳に於て特に變化の甚しく來る原因は此256～の純音と耳管狭窄症との共働作用以外には考えられない。

さて今日までの研究によれば聽器傳音器官は此傳達の際、非直線的特性 (non-linearity) を有するといふ。即ち256～の音が中音に傳つても内耳では512～、768～、1024～、………という高調低音が傳えられるのである。之を Fletcher の研究による Auditory Pattern (圖7) によつて圖示すれば、200～の音が耳に入つたとき内耳各周波數擔當のコルチ器が如何に興奮されるか説明されるであらう。

(圖 7)

Auditory Pattern
(Fletcherによる)
200～の
音の強さ(DB)と蝸牛殻
各廻轉Corti器振動との
關係圖(人間の模型)

即ち256～の音も其大いさが強くなるときは高音域擔當のコルチ器をも興奮せしめ、從つて上の圖からも想像されるように256～の低音によつても第三廻轉を中心として殆んど全廻轉に亘る變化を來し得るのである。故に第二廻轉下半部コルチ器にも音響障害を來すことが容易に想像せられるのであつて、特に第二廻轉の右耳コルチ器が侵されることは耳管狭窄症のためと思われる。

然し乍ら此耳管狭窄症が何故第三廻轉の低音部に於て差異を生ぜしめず第二廻轉の高音部に於てのみ差異を生ぜしめるかは明かでない。耳管狭窄症の共

働作用のため第二廻轉右耳の特に侵されることは梅毒又は中毒に罹患せるものが騒音の性質如何に拘わらず殆んど全部4000～附近(モルモットの第二廻轉に相当)に於て特に著しく聽器障害を受けるという事實に一見相通ずるように思えるが、著者はやはり第三廻轉に於て左右聽器障害の差異を見ないのは第三廻轉以上の低音部コルチ器の抵抗力が大いいため障害を受け難く其變化を顯著に現わすに至らない爲であり、又第二廻轉に於て左右の差異を認め得るのは該部コルチ器が音響障害に對して抵抗力が弱いため可成りの變化を來すからであると推測する。斯く

考えると低音を今一層多く與えれば低音部コルチ器に於てもかなりの變化を來し、爲に耳管狭窄側と健常側との間に相当の差異を示すものと信ずるのである。

V 結 論

(1) 3400～, 95phon の高音性連續的純音を毎日8時間宛 30日間與えた實驗では、内耳蝸牛殻第二廻轉殊に其下半部に於てのみコルチ器變化を來した。且つ該部に於て耳管狭窄側の變化の著しいことを確認した。

(2) 即ち耳管狭窄症は高音性連續的純音による内耳病變に對し促進的に作用する。

(3) 256～, 105phon の低音性連續的純音を毎日8時間宛 60日間與えた實驗では、内耳蝸牛殻第一廻轉上半部より第四廻轉に亘りコルチ器の輕度變化を

來した。其變化は上記高音による變化よりも輕度である。且つ變化の左右の差異は第三廻轉より上方の低音部に於ては認められないが、第二廻轉下半部に於て耳管狭窄側コルチ器の稍々多く障害されているのを見る。

(4) 即ち低音性音響刺激による内耳低音部の障害に對する耳管狭窄の影響は不明であるが、内耳高音部位障害の左右の差異は明かに耳管狭窄症のためである。此事は結局耳管狭窄症が低音性音響刺激の内耳病變に對しても促進的影響を及ぼすものと思う。

(5) 耳管狭窄症に於ける低音の内耳低音部音響障害に對する態度は、より大量の低音性音響刺激を與えて實驗したときのみ結論し得るであらう。

(原稿到着＝昭和 26. 10. 8 日)

K. TANAKA, M.D.: CORRELATION BETWEEN THE TUBAR STENOSIS AND THE INTERNAL EAR LESION CAUSED BY THE SOUND STIMULI.

(Research on the causative factor of the occupational deafness)

Part. III. Effect of explosion.

音響刺激による内耳病變と耳管狭窄症との 關係に就て (職業性難聴の病因究明)

第3篇 爆 音 に よ る 研 究

岡山大学医学部耳鼻咽喉科教室 (主任 高原滋夫教授)

医 学 士 田 中 敬 一
タ ナ カ ケ イ イ チ

I 緒 論

著者は前2篇に於て連續的騒音又は連續的純音によつて内耳が障害される場合、耳管狭窄症の有無が之と如何なる關係を有するか、即ち防禦的に働いて聽器障害を輕減せしめるか、又は逆に却つて其障害を促進せしめるか、此間の關係を究明せんとしてモルモットによる實驗を行つた結果、連續音の種類に拘わらず常に内耳蝸牛殻第二廻轉に於て、耳管狭窄を有する側の内耳が健康なる耳管を有する側の内耳に比し、より多くの障害を受けることを確認し、從

つて耳管狭窄症は連續的騒音又は連續的純音による内耳病變に對し促進的に働くことが明かにされたのである。且つ亦此實驗により、耳管は不必要に大なる連續音に對し内耳を保護するという防禦作用のあることをも推測出來たのであつた。之等の事は職業性難聴に對する豫防衛生上意味ある事であり、工場等の如き連續的騒音の下に於て働くものにとつては、耳管狭窄症の看過すべからざる疾患であることを惟わすものである。

然し乍ら職業性難聴を來すべき音響は必ずしも常