振動，騒音の一過性聴力損失に及ぼす影響

Temporary Hearing Loss due to Vibration and Noise

鉄道労働科学研究所

山 村 晃 太 郎

札幌医科大学公衆衛生学教室

岡 田 晃・三 宅 浩 次

Kôtarô Yamamura

Railway Science Research Institute of Japan National Railroad, Tokyo

Akira Okada and Hirotsugu Miyake

Department of Public Health, Sapporo Medical College, Sapporo

Relationship among vibration, noise and hearing loss in human beings was investigated.

Significant hearing loss as an auditory temporary threshold shift was not observed in cases exposed to the vibration of acceleration 100cm/sec^2 and frequency either 2%, 5% or 10%. On the contrary, in those exposed to that of 500cm/sec^2 and 5% which is regarded as the resonance frequency of human body, statistically significant (5%) hearing loss was observed at 4kc. Heavier hearing loss was noticed at 4kc and 1kc in cases exposed to that of 500cm/sec^2 and 5% with a steady noise (all pass 101dB) than in those exposed to the noise only. It is, therefore, apparent that noise induced hearing loss may be aggravated by vibration. As the vibration induced hearing loss was noticed at 1kc, the authors newly indicated that proper hearing protection at 1kc would be also quite necessary in works with both noise and vibration.

緒 言

騒音によって C₅dip を早期症状とする騒音性難聴が発症することは広く知られていて、わが国では主な職業病の一つとして取り扱われていることは今さらいうまでもないことである。また騒音の聴器におよぼす影響に関連して一過性の聴力損失に関する研究も数多くなされている。

この騒音下作業の場合には、しばしば振動を伴うことがあって、振動現象は騒音の発生機転ともなり得るものである。たとえば鋸締作業、チェン・ソー作業などは多大の騒音を発生するとともに体の特定部位、すなわち上肢を経て身体に振動が伝播してゆく。また騒音を発生する作業場で全身振動にばく露する機会もある。これらの作業では、騒音性難聴が発症すると同時にレイノー現象末梢神経障害、骨、関節、筋肉などの異常のごとき局所振動による障害が発生し、あるいは全身振動による影響をうけることになる。この場合に難聴は、騒音によって

おこるとしても振動の作用によってさらに増強され得るものかどうかについてはよく知られていない。また振動独自の作用によっても聴力損失がおこり得るものなのかどうかということも未知の問題に属するものといえる。

1941年中村¹⁾は、振動によって内耳に萎縮性退行性変化を生ずることを述べ、振動の聴器におよぼす影響を強調しているが、振動実験の際に使用する振動試験機は必ず騒音を発生するので、このことを十分留意し、吟味する必要がある。

本研究では、一過性の聴力損失を目標にして、振動の作用によって聴力損失がおこるか否か、また騒音の他に振動が加わった場合、その聴器におよぼす影響が増強され得るものかどうかを明らかにすることを試みた。以下その成績について報告する。

実 験 方 法

聴力正常な男子（大学生，19～20歳）5名を対象とし次の条件で実験を実施した。なお1日1回以上の負荷は

与えていない。

1. 振動, 騒音の負荷条件

実験に使用した室は40ホン(A)前後の静かな室である。

1) 振動の負荷条件

松平式振動試験機を使用し, 振動加速度 $1,000\text{cm/sec}^2$ では 10%, 20%, 500cm/sec^2 では 5%, 10%, 20%, 100cm/sec^2 では 2%, 5%, 10% の各振動数の組み合わせで全身振動を負荷した。

2) 騒音の負荷条件

騒音の負荷は, 振動試験機から発生する騒音と all pass 101dB の定常騒音を負荷する2条件で行ない観察した。

振動試験機の発生する騒音では, 上記の各振動加速度と各振動数の組み合わせである振動条件で発生する騒音のそれぞれの間で有意差を認めず, all pass 約 81dB であった。それらのオクターブ・バンド毎の平均値と標準偏差は図1に示してある。

定常騒音は, 某工場における定常騒音を小型テープレコーダーで録音し (NAGRA IV型), スピーカー (東亜電機 CS-20Y) 2個を使用して再生したものをを用いた。

図1 各種振動条件下における振動試験機の発生する騒音

この騒音は, all pass 約 101dB であった。

2. 測定条件

振動は振動台に坐り, 足は地面に着かないように垂れさせた状態で負荷したが, 振動負荷時に耳栓, 耳覆を着用した条件は振動のみが作用しているので振動群とし, 試験機駆動中の振動台の近くに坐し, 振動試験機の発生する騒音のみにばく露した群を騒音群, 同じく耳栓, 耳覆を着用して駆動中の振動台の近くに坐した群を対照群とした。

なお振動試験機から発生する騒音は all pass 81dB であったため, 騒音による一過性聴力損失が振動によって増強されるか否かを知るために all pass 101dB の定常騒音を負荷したが, 振動時に耳栓, 耳覆を着用せずにこの騒音にばく露した群を振動・101dB 騒音群とし, 騒音のみにばく露した場合を 101dB 騒音群として観察した。

振動, 騒音の負荷時間は60分であったが, all pass 101dB の騒音を負荷した場合のみ負荷時間は20分であった。

3. 聴力測定

一過性聴力損失の測定は, Békésy type のオーディオメーター (リオン製 AA34 型) を用い, 1kc と 4kc の聴取閾を求めた。測定は負荷前および20分負荷後2分目 (1分40秒から2分40秒までの40秒間) に 4kc の TTS, 3分目 (2分40秒から3分20秒まで) に 1kc の TTS を求め (これを20分負荷の TTS₂ とする), 引きつづき40分負荷して同様の手順で測定した (これを60分負荷の TTS₂ とする)。ただし 1kc の値は庄司の式によって補正し, TTS₂ とした²⁾。

成 績

1. 被験者の騒音負荷に対する反応の検討

聴力損失に関する実験では, 被験者の反応の個体差が実験結果にかなりの影響を与えるので, まず all pass 101dB の騒音を20分間負荷して TTS₂ を求め, 庄司²⁾らの実験式から得られた値と比較して適合するか否かを吟味した。その結果は, 図2に示してあるが, 両者の間には差は認められなかった。したがって本実験の被験者の聴力に関する反応は十分な信頼性を有するものと考えられる。

2. 振動試験機の発生する騒音が聴力におよぼす影響

振動試験機の発生する騒音については, すでに図1で示したが, この騒音による聴力損失を対照群 (耳栓, 耳覆を着用して騒音のみを聴取) と比較した成績は図3に示されている。この騒音は後で述べる振動による聴力損失のもっともいちじるしかった条件, 振動加速度 500cm/sec^2 , 振動数 5% の振動で発生したものであるが, 図に

図2 定常騒音に対する被験者のTTS₂ 図3 振動試験機の発生する騒音ばく露時のTTS₂

示されているように 1kc, 4kc の聴力損失, すなわち 20 分負荷の TTS₂, 60 分負荷の TTS₂ は, 対照群との間でも 1kc と 4kc 間でも差が認められず, かつ聴力損失値はいちじるしく小さかった。したがって振動試験機の発生する騒音によっては一過性の聴力損失は生じないと結論

することができる。

3. 振動の負荷が聴力におよぼす影響

図4は, 振動加速度 100cm/sec^2 で 2%, 5%, 10% の各振動数における全身振動負荷による聴力損失を示したものである。この場合耳栓, 耳覆を着用して振動にばく露されているので振動そのものが聴力におよぼす影響と考えられる。この振動条件では, 1kc および 4kc の 60 分負荷の TTS₂ はいずれも低下の程度は小さく, 有意の差は認められなかった。

図4 加速度 100cm/sec^2 の振動ばく露時のTTS₂

図5, 図6は, 振動加速度 500cm/sec^2 で 5%, 10%, 20% の各振動数における全身振動負荷による聴力損失を示したもので, 図5は4kc, 図6は1kcの成績である。

4kc の聴力損失は, 5%, 10%, 20% のそれぞれの間には 60 分負荷による TTS₂ で 5% 以下の危険率で (分散分析, 二元配置法) 有意差が認められ, 振動加速度が同じであっても 5%, 10% の振動数の全身振動の方が 20% の場合よりも聴力損失は大きく, 特に 5% の聴力損失が最も大きかった。しかも時間の経過とともに増大する傾向がみられる。

図5 加速度 500cm/sec² の振動ばく露時の TTS₂(4KC)

図6 加速度 500cm/sec² の振動ばく露時の TTS₂(1KC)

1kc の聴力損失でも、TTS₂ は振動数 5% の振動による場合で聴力損失がもっとも大きく、5% 以下の危険率で振動数間に有意差を認めた。この 1kc で聴力損失がおこるということは注目すべきことである。

図 7, 図 8 は、振動加速度 1,000cm/sec² で 10%, 20% の各振動数の振動による聴力損失を示したものであるが、1kc, 4kc とともに 60 分負荷による TTS₂ は顕著に低下している。すなわち 500cm/sec² の振動加速度の全身振動負荷ではほとんど聴力損失を示さなかった 20% の振動数の振動でも振動加速度が増加して 1,000cm/sec² となると明らかに聴力損失を生ずる傾向がみられるのである。この場合にも、1kc で聴力損失を認めることは特記すべきことがらである。

4. 騒音による聴力損失の振動による増強

定常騒音 all pass 101dB の騒音による聴力損失が振動によって増強されるか否かを知るために、同時に振動加速度 500cm/sec²、振動数 5% の振動を負荷した。その成績を示したのが図 9 である。点線が騒音単独による聴力損失であり、実線は騒音と振動を同時に負荷した場合の聴力損失であるが、これらの 20 分負荷による TTS₂

は分散分析の結果両群間に 1% 以下の危険率で有意差を認めた。すなわち騒音による聴力損失は 1kc でも 4kc でも同時に負荷される振動によってさらに増強されるのである。

考 察

用いた定常騒音は、3kc を中心周波数のオクターブ・バンド・レベル (OBL とする) は 87dB, 700% を中心周波数とする OBL は 92dB と想定され、高音部では約 -3dB/oct. の構成を示すものである。したがって上記の音圧はテスト周波数 4kc と 1kc の TTS₂ に対する臨界帯域の OBL とみなすことができる³⁾。

この OBL をもとに 4kc と 1kc の TTS₂ を庄司らの実験式を用いて試算すると⁴⁾、それぞれ 4kc の TTS₂ は 20.3dB, 1kc の TTS₂ は 4.9dB となる。本実験の被験者の示す TTS₂ はこれと比較して大差がないので種々の実験的負荷を与えた際の聴覚機能の変動量はほぼ標準的なものとして取り扱うことが可能である。

さて TTS₂ は騒音ばく露による一時的な内耳の機能低下の指標と考えられており、これはばく露騒音の音圧

図7 加速度 1000cm/sec² の振動ばく露時の TTS₂ (4Kc)

と比例関係にあることが強調されている^{9)~8)}。またこの TTS₂ が頻回に生ずればやがては永久的な聴力低下，すなわち難聴 (PTS) にいたると報告されているが，この場合 PTS の大きさと TTS₂ の大きさは相似の関係にあるとされ，TTS₂ は PTS を推量する指標として重要視されている^{9), 10)}。

しかし TTS Growth および TTS Recovery には個体差がいちじるしいとして聴器の音響受傷性を予想する適性検査の 1 つにすぎないとして TTS を評価する立場もある^{11), 12)}。とはいえ，人で聴力におよぼす影響を知るには TTS₂ を測定することは大いに役立つことであり，またそのために個体差を小さくするように被験者を選定することははなはだ重要である。

さて振動による聴器への影響に関しては，中村¹⁾が内耳の萎縮性変化をおこすことを述べ，Riopelle ら¹³⁾は猿の前庭に損傷をきたしたことを報告しているが，これらの振動は 4G および 5G の強大なものであり，また振動発生装置の駆動によって騒音が発生するのでこの騒音による影響も考慮しなければならない。騒音下作業で難聴が発症するが，騒音には振動を随伴することが多いので

図8 加速度 1000 cm/sec² の振動ばく露時の TTS₂ (1Kc)

聴力への影響に振動がどの程度関与しているかは未知の問題である¹⁴⁾。

本実験では，対照群，騒音ばく露群，振動ばく露群および振動と騒音に同時にばく露した群を厳密に区分し，それぞれ比較検討することに力を注いだ。

振動加速度 100cm/sec² の全身振動では，ほとんど聴力損失を認めなかったが，500cm/sec² の全身振動では 5% で著明な聴力損失を生じたことは特記すべきことである。この 5% は生体にとって共振振動数とも考えられており，この共振振動数がいかにして聴力損失をきたし易いかは今後の解明すべき大きな問題点ではあるが，この振動による聴力損失は，振動によって内耳の血行動態が影響されることが基因しているとも考えられる。

振動加速度も 1,000cm/sec² になると，500cm/sec² の振動では認められなかった 20% でも明らかな聴力損失がおこり，振動単独の作用でも聴力損失をきたし，また振動が強大になる程，その程度も大きくなるといえる。

さらに定常騒音 all pass 101dB の騒音と振動加速度 500cm/sec²，5% の全身振動に同時にばく露した場合の聴力損失は，騒音のみにばく露した場合よりもいじめる

図9 振動(500cm/sec², 5%)と騒音(101dB)ばく露時のTTS₂

しい聴力損失をきたしているのので、振動が作用することによって騒音による損失は一層増強されることは明らかである。この場合、1kcにも4kcにも同様の効果が発現している。

振動そのものによる聴力損失も4kcのみならず1kcにおいても感受性が高く、その聴力損失は騒音単独ばく露に比べていちじるしいことは注目すべきことであり、聴力保護の観点からいえば新たな問題を提起しているといえよう。

結 論

振動によって聴力損失を生ずるか否か、また騒音による聴力損失は、振動が加わることによって増強されるかどうかを検討したが、振動加速度 100cm/sec²、振動数 2%, 5%, 10% の全身振動を負荷した場合には、有意な聴力損失を認めなかったが、振動加速度が 500cm/sec² で生体の共振振動数と考えられている振動数 5% の全身振動ばく露では、4kc で明らかな聴力損失を生じた。この場合、1kc でも振動数 5% の振動負荷が有意な聴力損

失をきたしていた。この振動に基づく聴力損失は、振動加速度が大になる程、その程度も大きくなる傾向がある。同様にばく露時間が長くなる程聴力損失は大となる傾向もみられる。

また定常騒音の all pass 101dB の騒音と振動加速度 500cm/sec²、振動数 5% の振動を同時に負荷した場合の聴力損失は、騒音単独負荷の場合よりも著明であり、騒音による聴力損失は振動の作用によって増強されることが明らかである。なお、振動が作用した場合の聴力の感受性は 1kc でも高いことが観察されたが、騒音下において振動を伴う作業に従事する場合には、1kc に関する聴力保護に特に留意すべきことが新しい問題として提起される。

稿を終えるに臨み、御協力頂いた鉄道労働科学研究所労働病理研究室長酒井恒美博士に深謝の意を表する。なお本研究は、昭和45年度文部省科学研究費によって行なった。

文 献

- 1) 中村正道：振動（直線運動）の内耳におよぼす影響についての実験的研究，海軍軍医会誌，30，282-292 (1941)。
- 2) 山本剛夫，他：TTS₁ から TTS₂ への変換，産業医学，11，445-448 (1969)。
- 3) 庄司光，山本剛夫，他：TTS における臨界帯域の研究，日音響誌，6，350-360 (1966)。
- 4) 庄司光，山本剛夫，高木興一：オクターブバンド騒音による TTS の研究，日音響誌，22，340-349 (1966)。
- 5) 岡田晃，中村円生：騒音，振動・衝撃の影響と対策，p. 236，医歯薬出版，東京 (1970)。
- 6) Kryter, K. D., et al : Hazardous Exposure to Intermittent and Steady-state Noise, J. A. S. A., 39, 451-464 (1966)。
- 7) Ward, W. D., et al : Dependence of Temporary Threshold Shift at 4kc on Intensity and Time, J. A. S. A., 30, 944-954 (1958)。
- 8) Ward, W. D., et al : Temporary Threshold Shift from Octav-Band Noise: Application to Damage-Risk Criteria, J. A. S. A., 31, 522-527 (1959)。
- 9) Nixon, J. C. and Glorig, A. : Noise-Induced Permanent Threshold Shift at 2,000cps and 4,000cps, J. A. S. A., 33, 904-908 (1961)。
- 10) 日本産業衛生協会：許容濃度委員会勧告の騒音の許容基準について，産業医学，11，533-537 (1969)。

- 11) 切替一郎，他：聴覚検査法，P. 134-136，医学書院，東京（1964）。
Effects of Intense Vibration, U. S. Army Med. Res. Lab. Rep., No. 368 (1958).
- 12) 久保正雄：ストレプトマイシンおよび騒音による難聴の発生並びに予防に関する研究，交通医学，13，235-320（1959）。
- 14) 岡田晃：全身振動による影響，障害，労働科学，41，9-18（1965）。
- 13) Riopelle, A. J., Hines, M., Lawrence, M. : The

（受付1970年10月23日）