爆発事故により集団的に発生した音響外傷例

青森県立中央病院耳鼻咽喉科

高 倉 稔

東北大学医学部耳鼻咽喉科教室

(主任：片桐圭一教授)

菊 田 宣 男

結 言

中学校の教室内で、爆発事故があり、その周囲に居合わせた生徒18名全員が、耳鳴、難聴などを訴えたために、その直後にわれわれの臨床を訪れたという事件に遭遇した。

強大音響刺激により聴器が障害されることは周知の事実であるが、とくに突発的、災害的な爆発音の影響に関しては、人体において実験的に試すことは許されない問題であるから、偶発的に生じたこの種の症例を記録することは有意義であると思う。われわれは上記の被爆者全員を、直後から2週間の間に3回診察し、聴力を測定する機会を得た。その記録をもとにして、爆発音とそれに伴う聴器障害について若干の考察を加えてみようと思う。

検 査 成 績

a) 被爆約30分後の症状について(表1)

全員(18名)が金属性の耳鳴を両耳に訴えた。難聴を訴えたものは5名(28%)であったが、聴力検査の結果、無自覚性難聴者10名(55%)が発見された。耳

表1 爆発音曝露30分後の耳鳴と難聴(18例)

耳 鳴 18 (全例)		
難 聴 な し		3 (17%)
難 聴 あ り	自 覚 的	5 (28%)
	他 覚 的	10 (55%)

鳴のみを訴え、難聴のまったく認められなかったものは3名(17%)にすぎなかった。耳鳴は、1週間後の検査時にはまったく消失していた。

b) 難聴の程度と頻度について(図1)

難聴の程度を会話音域における平均聴力を

$\left(\frac{C^2+2C^3+C^4}{4}\right)$ で表わしてみると、図1のごとく、10dB 以内が14耳(39%)、20dB 以内が16耳(44%)、30dB 以内が6耳(17%)であった。4000Hz, 8000Hz

の高音域にのみ著明な障害をきたしている例が多いので、会話音域平均では、大多数(83%)が20dB 以内の損失にとどまっている。既述のごとく、難聴を自覚している例が少なかったのもこのゆえであろう。

c) 聴力型について(図2)

両側非対称の例が多いので、耳単位に分類してみると、高音漸傾型が最も多く15耳(42%)にみられ、ついで水平型が7耳(19%)、dip 型が6耳(17%)にみられた。至近距離にいた1例は、音源に向いた耳に外傷性鼓膜穿孔を起した。その聴力型は、伝音障害による低音障害型であり、内耳性の障害(骨導の低下)は軽微であった。残り7耳(19%)は正常聴力を示した。

図2 聴力型 (36耳)

d) 両耳の聴力型の比較 (表2)

同一被検者の左右両耳の聴力型を比較してみると、対称性の明らかなもの4例(27%)、非対称性を示した

表2 聴力像の左右対称性15例
(正常聴力者は除く)

対 称 性	4 (27%)
非 対 称 性 (うち1名は一側正常)	11 (73%)

もの11例(73%)であった。後者のうちの1例の1側耳は、爆風によると思われる急性穿孔を認め、他の1例の1側耳は、正常聴力であった。

e) 難聴回復の過程について

聴力損失の著明な周波数(高音漸傾型では、1000Hz、2000Hz、4000Hz、8000Hz、dip型では、2000Hz、4000Hz、8000Hz)ごとに聴力損失の時間的推移を観察することを試みた。

1) 高音漸傾型(図3): 1000Hz~4000Hz では、1~2週間で聴力はほとんど正常に回復しているが、8000Hz では、2耳に回復の遅れが目立つ例がみられた。しかし、平均曲線上では、図4のごとく、8000Hzにおける回復の速度は、他の周波数に比してむしろ大であった。したがって前記の2例は、むしろ例外的な症例と考えられる。

2) dip型(図5): 2000Hz、4000Hz、8000Hz いずれの聴力も7日後にすべて略正常に復している。

3) 水平型(図6): 損失の程度の極度な例が多いので明らかでないが、他の聴力型に比して、その回復過程はやや緩慢なように思われた。

f) 爆発地点に対する耳の方向・距離と聴力損失との関係について

まず爆発現場における被爆者の位置ならびに両耳の

図3 高音漸傾型の各周波数別回復過程

図4 高音漸傾型の各周波数別平均曲線による回復率の比較

図5 Dip型の各周波数別回復過程

図6 水平型の回復過程

(黒点は平均聴力損失を示す)

図7 爆発地点と左右耳聴力損失の大小

聴力損失の大小を図示すると図7のごとくである。爆発地点に向いた耳の方が他側耳よりも聴力損失のより大きい例が多いが、その逆の傾向を示すものや、爆発音を真横から聞きながら、両耳同程度の障害をうけた例も少数ながらみられた。表3は、耳の向き、距離と聴力型との関係を整理してみたものである。至近群(1m以内)では、高音漸傾型が多く、遠隔群(2m~4m)では、漸傾型に比して dip 型あるいは水平型が多くなる傾向があるように思われる(表4参照)。

次に聴力損失の程度と距離との関係を図示してみると図8のごとくである。至近距離群の方が遠隔群よりも多少聴力損失が大きいようにみえるが、遠い群の中にも少数(2耳)ながら損失の著明なものもあり、距離と聴力損失との相関はあまり明かではない。ただし、鼓膜穿孔例(1耳)は至近群の音源側耳にみられ、また正常聴力者は遠隔群の中にのみみられた。

表3 曝露耳の方向と各距離における聴力型

方 向		～1m	～2m	～4m
向耳
	対耳

向耳
	対耳

向耳		正常 1
	対耳		正常 1

前同方向耳	(1名)
	後同方向耳	(1名)

表4 距離と聴力型 (36耳)

	～1m	～4m
高 音 漸 傾 型	6	9
水 平 型	0	7
Dip 型	1	5
低 音 障 害 型	1	0
正 常	0	7

総括ならびに考按

本症例は職業性難聴の場合と異なり、点状の音源、しかもただ1回の刺激で発現した傷害である。また教室内での事故であるので、被検者がそれぞれ被爆した瞬間の位置を良く記憶していた。従って刺激音と傷害との関係を考察するのに都合が良いと思われる。しかし、本症例における爆発物は手製のものである、その成分ならびにその量も明らかではない。従って同一爆発物を用いて、その爆発のエネルギーを測定することは不可能である。しかし、約30分後の測定で8000 Hzで45dB、4000Hzで60dBの聴力損失を残している例も認められること、周囲に居合わせた18名全員が耳鳴を訴えた点などより、相当に強力な音響エネルギー

図8 距離と聴力損失

一を伴う爆発であったと推定された。このような爆発に際しては、まず音速を上回る衝撃波が先行し、ついで過渡的な波形を示す音波が続く、さらに反射物があれば、その反射音がこれに続くと考えられている。発生した傷害がそのいずれの影響によるものかを定めることはむずかしいが、爆発地点からの距離や耳の向きによる傷害の程度が、それを推測する資料になるであろうと思い、既述のごとき検討を行なった。結果として、距離や向きとの相関はあまり濃いものではないとの結果を得た。

この問題を考えるためには、爆発物よりの距離が、その地点の音圧にどの程度影響しているかを知る必要がある。われわれは、東北大学工学部城戸研究室に依頼して、事故現場で上記の関係についての測定を行なってもらった。スタート用紙雷管を用いたピストルを現場で発射し、室内の各点でその減衰の度合を測定した。その結果は図9のごとくである。もし周囲の壁などよりの反射音がなければ、理論値として、図中の実線のごとく、距離の音圧に対する影響が著明な筈である。現場における実測値(図中)では、爆心より1m以上離れると、図中の曲線のごとく、距離の影響が著

図9 事故現場でのオクターブ帯域平均音圧レベルの距離による変化（ピストル音による）

明に減じてくるといふ結果を得た。50cmと2mでは、その差は約5dBであるが、2mと4mでは1dB以内で、ほとんど同じ音圧であることがわかった。これは恐らくは周囲の壁よりの反射音の影響が関与するためと思われる。

以上の事実をもとにして、図9を音圧のレベルと聴力損失の形に書き換えてみると図10のごとくである。至近距離（約50cm）の音圧を基準値0dBとした場合に、それ以外の場所に位置していた群は、同図中にみられるごとく、-4.6dB～-5.5dBの音圧をうけたことになり、その間の刺激の差は、僅少である。この群を遠隔群と呼ぶことにすれば、それと至近群と比較すると、1)至近群（8耳）の聴力損失は16dB～37dBの間にあるが、遠隔群の損失はその大多数（19耳）では12dB～32dBの間にある。遠隔群には相当数（7耳）の正常聴力耳がみられる。これは至近群にはみられない。従って音圧の差（約5dB）が受傷の程度に多少なりとも影響していると推定される。2)しかし、遠隔群の2耳は異常に大きな聴力損失（50dB～60dB）を受けている。これは反射波などにより刺激そのものが局在的に異常に強かったためとも考えることができよう。しかし既述のごとく、この2耳は他の傷害耳に比して回復速度が異常に遅かったことから、受傷耳側に脆弱性などの問題があったのではないかと考える方が

図10 事故現場の平均音圧レベルと聴力損失との関係

妥当なように思われる。3)至近群中の1例の向耳（音源に最も近い耳）は鼓膜裂傷を伴っており、その側の内耳性障害（骨導低下）は軽微であった。第1波（衝撃波）をうけた瞬間に鼓膜が破れ、続く音波の影響が伝音障害（図11）の分だけ少なかったためとも考えられる。

図11 左鼓膜穿孔例 ♀14才

次に左右両耳の聴力損失の比較であるが、至近群（4例8耳）では、全例に向耳の方が対耳（音源から最も遠い耳）よりも損失が大であるのに、遠隔群の方は、その逆の例や、音源に対して正対していたのに、両耳の損失に差のみられた例もあった。この現象は、前述のごとく壁面よりの反射波の影響を考慮すれば納得がいくように思われる。

聴力型については、高音漸傾型が最も多く、ついで水平型、dip型などもみられた。dip型は遠隔群に数多くみられた。

左右聴力型の比較に関しては、従来この種の音刺激の際は、非対称型が多い点が指摘され、個人差、すなわち聴器の先天性素因よりも刺激音の不平等性の影響の方が著明に現れるとされている。すなわち志村は、難聴の発現が急激なほど、対称例が少なくなるといい、南立は、原因となる音響刺激の不平等性から、非対称例が多くなるとし、立木は本例のごとき爆発音を

音響暴力と呼び、聴器の先天性素因とは関係なく不定の聴力像を示すとしている。一方、河田は、銃砲音による聴力損失に関する論文で、やはり個人差が無視できない点を強調している。われわれの例では、非対称例が11例（73%）、対称例が4例（27%）——正常聴力者3例を除く——で、やはり非対称例が多いが、対称例の存在も無視できなかった。既述のごとく、刺激音のレベル差は僅少であるのに、聴力損失の大小、聴力型に個人差がみられる点からも、やはり先天性素因（脆弱性）も無視できないように思われる。

結 語

本症例は、予期しない災害的で、突発的は強大音響による、集団的は聴器急性障害例である。その全症例18名を対象として、爆発音曝露30分後、1週間後、2週間後の前後3回にわたって、聴力の経過を追求する機会を得た。その結果、耳鳴は約4日間で消失し、事

件後1～2週間経て、ほとんど全症例において、聴力が正常に回復した。その回復過程は、高音漸傾型では8000Hz, dip型では4000Hzにおいて回復が早く、水平型は、その平均聴力損失において、回復が遅い傾向がみられた。さらに音響学的考察から、その聴器障害について、爆発音からの直接的な聴器への影響と同時に、聴器感受性の個体差も関与していることが推察された。

稿を終るに臨み、御校閤を賜った恩師片桐主一教授に心から感謝します。また本症例研究に多大の御指導と御援助をいただいた本学工学部城戸健一教授に謝意を表します。

Clinical Studies on Acoustic Trauma due to Explosion

By

Minoru Takakura

From the Department of Otorhinolaryngology
Aomori Prefectural Hospital
and

Nobuo Kikuta

From the Department of Otorhinolaryngology
Tohoku University School of Medicine
(Director: Prof. S. Katagiri)

Audiometric findings of traumatic deafness caused by explosion were discussed in 18 cases. All subjects complained of tinnitus immediately after exposure to explosion and audiometric examination revealed hearing impairment in 15 cases. About four days after explosion tinnitus faded away in all cases, and after two weeks the hearing impairment was restored in most cases.

In order to measure, the difference of sound pressure level in the room, the pistol shot was employed as a sound source. The data obtained in this experiment suggested that individual hearing loss was not

always proportioned to the intensity of the sound. As a result, the authors deduced that individual difference of susceptibility played an important role in the occurrence of the traumatic deafness.

参考文献

- 1) Shapiro, S.L. : Deafness Following Short-Term Exposure to Industrial Noise. *Ann. Otol.*, 68; 1170-1181, 1959.
- 2) Perlman, H.B. : Acoustic Trauma in Man. *Arch. Otolaryng.*, 34; 429-452, 1941.
- 3) Ruedi, L. & Furrer, W. : Akustisches Trauma und Funktion des Innenohres. *Acta Otolaryng.*, Stockh, 33; 460-469, 1945.
- 4) Saltzman, M. & Ersner, M.S. : Acoustic Trauma. *Arch. Otolaryng.*, 62; 235-241, 1955.
- 5) Bunch, C.C. : Symposium, The Neural Mechanism of Hearing; Nerve Deafness of Known Pathology or Etiology, The Diagnosis of Occupational or Traumatic Deafness; a Historical and Audiometric Study. *Laryngoscope*, 47; 615-691, 1937.
- 6) 城戸健一：囲いの中の音場, 電気音響工学, 1; 141-147, 1963.
- 7) 小杉彰他：ピストル音の音響特性, 日本音響学会誌, 19; 45-54, 1963.
- 8) 南立純一郎：神経難聴の原因とオーディオグラム対称性, 日耳鼻, 65; 1159-1164, 1962.
- 9) 立木孝他：音響性外傷の臨床的研究, 日耳鼻, 66; 1056-1063, 1963.
- 10) 河田政一：音響性外傷としての騒音問題, 日耳鼻, 58; 1363-1373, 1955.
- 11) 立木孝：オーディオグラムの左右対称性に関する一考察, 日耳鼻, 61; 647-649, 1958.
- 12) 河田政一：音響性外傷としての騒音の問題（研究抄録および図表）, 1-110, 1955.

(受付 44.3.3)