S. HARAGUCHI, M.D. AND A. NAGAMITSU, M.D.: ON THE PROBLEM OF
HARMFUL NOISE ENTERING FROM THE WHOLE SURFACE OF
SKULL BY INDIRECT BONE CONDUCTION

頭部から間接骨伝導性に侵入する騒音の問題に就て

長崎大学医学部耳鼻咽喉科学教室（主任 後藤敏郎教授）

原 口 静 彦
ハラ グチ シズ ヒロ

長 光 昭 男
ナガ ミツ アキ オ

緒 言

私共は、私共の臨床が附近に2,3の造船所や大小多数の炭坑を控えている関係から、所謂職業性難聴や、音響による急性の内耳障害を診る機会が多く、その度に過大な音響から聴器を防護することの必要性を改めて痛感させられるのである。

騒音防禦のためには一般に耳栓が用いられているので、私共も先ず耳栓による遮音に就て2,3の研究¹⁾²⁾を行ってきた。しかし現在では、外耳道挿入方式の耳栓では、その材質や構造をどのように工夫改良してみても、遮音性能の飛躍的な向上は所詮望み得ないものであるとの結論に達した³⁾⁴⁾。

かかる結論の理論的な根拠は、私共の所謂間接骨伝導の研究⁵⁾⁶⁾⁷⁾に負う所が大きいのであるが、本論文においては、更にこの問題のその後の発展に就て論ずることとした。

気導音の有害範囲一聴限度

先ず、騒音の強さが何 db を越えれば有害であるかという、鎖音の聴限度の問題に就て検討した。

山本⁸⁾は20年以上の永年勤務者に40db以上の会話音域聴損を惹起しないような、所謂騒音の衛生学的聴限度を octave band level で示し、100~200cps で95db, 200~3200cps で90db, 3200~6400cps で85dbであるとした。森岡⁹⁾は音響曝露により著明な聴力損失を惹起する音の強さは周波数に拘わらず80~85db, 1時間前後で障害が回復する程度の音の強さは低音で90db, 高音で85dbであるが、職業性難聴に対する騒音の聴限度としては一応、周波数に拘わらず80~85dbの所に線が引けようと述べている。1952年労働省が戦後の造船工業について行つた職業性難聴の実態調査¹⁰⁾によれば85~90phoneで難聴の発生することを認めている。ChicagoのArmor研究財団が発表した聴限度¹⁰⁾⁹⁾は75~150cpsで100db, 300~600cpsで95db, 600~1200cpsで90db, 2400~4800cpsで85dbである。Kryet-

er¹²⁾⁹⁾は合理的な実験データから耳の各 critical band につき一様に85dbという数字をあげて、これが最も安全な限界であるとしている。その他 Bunch は80~90db, Mc Cor は100db, Mac Laren & Chaney は70~100db, Hardy は50sone等の数字をあげている。同じ山本¹³⁾が生勢力が1000~2000cps, over all 80~85phon程度の騒音工場勤務者には殆ど聴力障害が認められなかつたと発表したこともあるが、高橋¹⁴⁾は熔鉱炉前作業者では80db以下の比較的弱い騒音下でもc⁵-dipを起していると報じた。このように諸論まちまちであるが、私共は彼此を考慮して、全周波数域に亘り80~85dbの線を騒音の聴限度と仮定して論を進めることにした。

間接骨伝導の減衰度

騒音場裡における音聴取の機構を考えるに、音が外耳道から中耳を経由して所謂気導性に聴取されているのは勿論であるが、この他に騒音は頭部に近づけば一部廻折し、又他物体に反射して多方向から到来し、頭部の全表面から頭蓋内に透過侵入する。そして頭蓋内では実質性（主として骨導性）に伝導して内耳に到来する。この所謂間接骨導性の成分の存在も決して度外視できないものと思われる。

従来、間接骨導音は気導音に比すれば取るに足らない程の大きさであると思われていた。しかし強大な騒音下では間接骨導音も無視し得ない程の大きさに達するのではなからうかというのが私共の考えであつた。

自由音場において、気導性と間接骨導性の2つの径路を通つて同じ大きさの音感覚を起させるに必要な夫々の音の音圧の差を私共は間接骨伝導の減衰度と呼んでいる。これは頭蓋と空気との界面（頭部表面）における音の反射率（裏を返せば透過率）と、頭蓋内における音の伝導抵抗に左右される。前者は頭蓋殊に骨質の音響インピーダンスと空気のそれとの差により、後者は骨質内の含気蜂窠の状態により影響されるところが大である。

間接骨伝導の減衰度は、従来諸家によつて 50db 内外であろうとされていた。私共が自由音場における聴力検査の成績及び shadow hearing の研究⁵⁾⁶⁾⁷⁾から帰納した所では、その値は低音部で 30～60db、中音部で 40～65db、高音部で 25～45db になっている。

その値に 20～30db に及ぶ幅があるのは、骨導聴力そのものに大なる個人差が認められるのと同性質のものと考えられ、これは主として頭蓋内における音の伝導抵抗、換言すれば頭蓋内における含気蜂窠の状態 (Pneumatisation) の個人的変異のためと思われる。一般に含気化良好なものほど、骨導聴力は悪く²³⁾、間接骨伝導の減衰度は大きい。

間接骨導音の有害範囲

音響がある程度強大になれば、気導音は勿論であるが、間接骨導音さえも前述の騒音の恕限度を越して有害になるのではないかという問題が起つてくる。私共はこの問題に就いて検討した。

騒音の恕限度を全周波数域 80～85db とし、間接骨導音の減衰度を低音部 30～60db、中音部 40～65db、高音部 25～45db とすれば、間接骨導音が恕限度を越すような騒音の強さは、低音部で 110～145db、中音部で 120～150db、高音部で 105～130db である。これ以上の強さが間接骨導音の有害範囲である。

耳栓耳に対する気導音の有害範囲

耳栓は元来、外耳道から中耳を経由する所謂気導音の経路を遮断するだけのものである。その遮音性能は可聴閾値の上昇度測定聴覚疲労現象の観察などから研究されて、その報告は枚挙に遑がない。このうち前者即ち遮音度は、耳栓の種類、装着法、被検者の個人差等から、報告者によつて多少の差はあるが、低音部で 10～20db、中音部で 15～25db、高音部で 20～40db までである。これから耳栓耳に対する気導音の有害範囲を求めれば、裸耳に対する騒音の恕限度 80～85db に対して、低音部で 95～110db、中音部で 90～105db、高音部では 100～125db 以上ということになる。

以上から騒音の各条件における有害範囲を要約略示すれば次のようになる。

	低音部	中音部	高音部
(a) 裸耳に対する気導音有害範囲	80～85db以上	80～85db以上	80～85db以上
(b) 耳栓耳に対する気導音有害範囲	90～105db以上	95～110db以上	100～125db以上
(c) 間接骨導音の有害範囲	110～145db以上	120～150db以上	105～130db以上

工場騒音の強さとその防禦

工場騒音は実際に上記の有害範囲以下の強さに抑えられているかといえば、残念乍らそうでなく、随所で上記の恕限度を越える騒音が発せられている。例えば、池田、櫛間、岡本等¹⁵⁾による某造船所の騒音分析結果は次の通りである。

	octave danb level	all over level
船内鉄打	1600～3200cps, 118db	120db
製缶鉄打	2400～4800cps, 118db	120db
船内ハツリ	1600～3200cps, 117db	120db
製缶填隙	1200～2400cps, 及び 115db	120db
	1600～3200cps,	

この値は河田の長崎造船所における音響 spectrum¹⁶⁾においてもほぼ同様である。即ち低音部で恕限度を越す騒音はあまりないが、騒音部、高音部では耳栓耳に対してもある有害に働く強さの騒音が多く、高音部では間接骨導音も有害に作用している場合がある。

特に有害な音響は 2000～4000cps のものであるという説¹⁷⁾¹⁸⁾から考えると、最も都合の悪い部分で間接骨導音が有害な強さに到達していることになる。間接骨導音はその性質から耳栓では防ぎ得ない性質のものであるから、耳栓によつて最大の遮音効果を挙げることでできる上記の音域も、間接骨導音という伏勢のあるために、耳栓のみによつては騒音の害は免れ得ない。これは又、耳栓がとくに高音域においては遮音能力の限界にきているという所以をなしている。

更に注意すべきことは、耳栓による中、低音域の骨導聴力の増進である。これはひいては間接骨導聴力を増進させることになる。その増進値を 20 と仮定すれば、ここでは、間接骨導音の強さが 80～85db に達する騒音の実際の強さは、裸耳の時 110～145db を必要としたものが、耳栓耳では 90～125db でよいことになり、実在の騒音が低音部でも容易に恕限度を越えることになる。これは山本²⁰⁾の云うような低音部有害説からすれば憂慮すべきことである。このことは耳栓が中、低音部では遮音度の不足なことと相俟つて、中低音部の遮音をより完全なものとしようと目論む場合には忘れてはならないことである。この点からは耳栓よりも容量の大きい earmuff²¹⁾の方が望ましいわけである。

このように、頭部から侵入する間接骨導音の害を防ぐためには、耳栓は無効であり、ある場合は寧ろ有害でさえある。その防禦対策は頭覆ハ式防音具を使用すること

に尽きる。これによつて間接骨導音の減衰度を更に増大するようにすればよい。私共は耳栓から頭覆い式に移行する道程として、帽子に耳珠圧抵器を取付けた新形式（半頭覆い式）の防音具を考案試作した¹⁹⁾。いずれ完全な頭覆い式防音具の出現することを期待している。

教室の土肥²⁰⁾の研究によれば、某造船所の船台作業者の聴力は、従業年数10～15年のものでは側頭骨含気化（Pneumatisation）の良好なものの程難聴の度が軽く、従業年数30年以上のものではPneumatisationに関係なく一様に高度の難聴に陥ることが証明された。又原口²³⁾24)の研究により、Pneumatisation良好なものの程、骨導聴力が悪いことが分つているすると、かゝるものでは、間接骨導音の減衰度も大きくなる筈である、今上述したように、職業性難聴の発現に間接骨導音が関与していたものと考えれば、原口の業績から、土肥の調査成績はよく理解できるわけである。即ち側頭骨含気蜂窩は、自然に備なわつた間接骨導音の防禦装置であるから、造船所などで工員の職場配置を決める際には、Pneumatisation良好なものを騒音工場に振り向けることが望ましい。これも職業性難聴の発現を抑制する公衆衛生学的対策の1つである。

結 語

1) 強大なる騒音場裡においては、頭部全体から侵入する、所謂間接骨導音の大きさも、聴器に有害な程のlevelに達することを論じた。

2) この論拠は私共のshadow hearing等による間接骨導音の研究、及び自由音場における聴力検査の成績によつてゐる。間接骨導者の減衰度は側頭骨のPneumatisationによる個人差があつて一定しないが、これを考慮すると間接骨導音が有害となる騒音の強さは、低音部で110～145db、騒音部で120～150db、高音部では105～130dbである。

3) この間接骨導音の害は耳栓によつては防ぎ得ないのみならず、耳栓による骨導聴力の増進作用のために、低、中音部においては却つて逆の効果を現わす

4) 騒音から人体をよりよく防護するためには、耳栓よりも earmuff, earmuff よりも頭覆い式の防音具を使用しなければならない。

文 献

1) 土肥勝利：職業性難聴における耳栓の騒音防止効果について、日耳鼻、56(9)；687～691, 昭28. 2) 長光昭男：自由音場における各種耳栓の遮音度測定成績

について、日耳長崎地方会第46回例会、於長崎市、昭和30.3.6. 3) 原口静彦：外耳道挿入方式の耳栓による遮音能力の限度について、日耳長崎地方会第46回例会、於長崎市、昭和20.3.6. 4) J.C. Webster: Ear Defenders, Noise Control, 1(5)；34～41, 1955. 5) 原口静彦、長光昭男他：間接骨伝導について、第4回難聴研究会、於名古屋市、昭30.11.27. 6) 原口静彦、長光昭男他：自由音場における聴力検査、日耳第57回学術講演会、於札幌市、昭30.6.25. 7) 長光昭男：自由音場における聴力検査（間接骨伝導についての研究）、日耳鼻投稿。8) 山本剛夫：騒音の限度に関する研究、労働科学、32(5)；361～367, 昭31. 9) 森岡三生：音響暴露による聴力の変化（第2報）、労働科学、30(12)；763～768, 昭29. 10) 職業性難聴実態調査報告、労働省労働局労働衛生課、1952. 11) Mintz, F. and Tyzzer, R.G.: J. Acoust. Soc. of Am. 24；80, 1952. 12) Kryster, K.D.: Noise safety criteria; Conference on noise in industry, Arch. Ind. Hyg. & Occup. Med., 5(2)；117～120, 1952. 13) 山本剛夫：騒音工場従業員の聴力損失、労働科学、30(4)；254, 昭29. 14) 高橋一清：某製鉄所熔鉱炉前作業者の聴力に就いて、労働科学、30(2)；104～111, 昭29. 15) 池田克明他：造船所の騒音並に職業性難聴、労働科学、29(5)；273～274, 昭28. 16) 河田政一：音響性外傷としての騒音問題、第56回日本耳鼻咽喉科学会宿題報告、研究抄録及び図表、於京都市、昭31.4.2. 17) 恩地豊：職業性難聴とその予防法、耳鼻臨床、44(11)；411～419, 昭26. 18) 俣野仁一他：会話音に可及的影響のない騒音防止用耳栓の1つの工夫に就て、労働科学、29(8)；428～435, 昭28. 19) 土肥勝利、原口静彦、長光昭男他：耳珠圧抵式防音具に就て、労働科学、31(10)；695～697, 昭30. 20) 山本剛夫：某鉄工所の騒音と従業員の聴力損失、労働科学、30(4)；272, 昭29. 21) J. Zwislocki: Design and testing of earmuffs, J. Acoust. Soc. Am., 27(6)；1154～1164, 1955. 22) 土肥勝利：職業性難聴に及ぼす中耳Pn.の影響に就ての研究、日耳鼻、56(7)；537～544, 昭28.28. 23) 原口静彦：中耳Pneumatisationと聴覚との関係に就ての研究（第1報）、日耳鼻、56(8)；59～605, 昭28；（第2報）、日耳鼻、57(4)；363～375, 昭20.

（原稿到着＝昭和32.1.6日）

ON THE PROBLEM OF HARMFUL NOISE ENTERING FROM THE
SURFACE OF SKULL BY INDIRECT BONE CONDUCTION

By

S. HARAGUCHI AND A. NAGAMITSU

*From the Department of Otorhinolaryngology, Medical School of Nagasaki University.
(Director; Prof. T. Goto)*

It is not neglectable in the environment with intensive noise, the harm of sound entering from the whole surface of skull by indirect bone conduction. Intensity of noise which give a harmful effect to the auditory organ in such a way is 110~145db in lower, 120~150db in the middle, 105~145db in the higher tonal frequencies, through studies of hearing in free field and shadow hearing in the unilaterally deaf. This relatively wide variation in every frequency comes from individual difference in pneumatization of temporal bone.

Authors concluded that in intensive noise, ear plugs could not protect ears from sound entering from the surface of skull and rather would increase conduction by this way, therefore sound guard of such a type to cover the whole head would be necessary for more complete protection.