爆風による蝸牛障害の実験的研究

横井　久*　柳田則之*

緒　言

爆発による聴器，特に内耳の障害は急激な圧変化と強大音響，さらに打撲，振盪等の加わった複雑な病態を呈する。今回，我々は種々の障害因子のうち，急激な外気圧の変化，即ち爆風の内耳に及ぼす影響をモルモットを用い，走査電顕的に研究した。

実験方法

Preyer 耳介反射正常な成熟モルモットを用い，エーテル麻酔下にモルモットの右外耳道にノズルを挿入し，高圧窒素ガスを噴射，1.0kg/cm^2，0.2秒間の圧力負荷を経外耳道的に行った。条件負荷直後，1日後，3日後，1週間後，4週間後に断頭し，側頭骨を摘出，走査電顕標本を作製した。蝸牛基底回転より第4回転までのラセン器，および基底回転，第2回転の基底板を観察した。また，圧力負荷時間を1秒間と延長した場合の負荷直後のラセン器について，更に高圧窒素ガスの噴射音のみを1秒間聴取させた場合の条件負荷直後ならびに1日後のラセン器についても同様に観察した。

実験成績

1)　瞬間的（0.2秒間）に圧力を加えた群

条件負荷直後：基底・第2回転の外有毛細胞聴毛（外毛）に水泡様形成，配列の乱れ，融合，欠損ないし消失，クチクラ板の陥凹，消失が見られた。これに対して内有毛細胞聴毛（内毛）の障害は外毛に比して軽度であった。また第3回転以上の上方回転における障害は基底・第2回転における障害より軽度で，外毛においてもクチクラ板の陥凹，消失は見られず，配列の乱れが病変の主体であった。

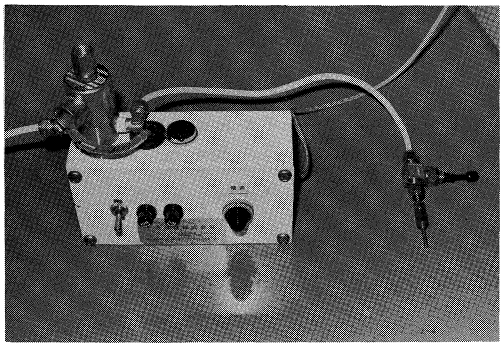

図1　条件負荷に使用したノズルおよび電磁弁

1日，3日，1週間後：経時的に観察すると基底・第2回転における障害部位の変性は次第に進行し，聴毛は融合しカリフラワー状を呈したり，消失して網状膜上で microvilli の増殖を見るようになり，障害の高度な部位では有毛細胞が支持細胞によって置換されてきており，1週間後にはラセン器の形態が全く消失し，支持細胞によって完全に置換されている部位も見られた。

2週間，4週間後：この時期になると障害部位と形態的には正常な部位との差が一層明確になった。以上のような障害は連続的なものではなく，基底回転から第2回転において非連続的に見られ，その範囲も一定せず，島状に聴毛の消失するような部位から約¼回転にわたる広範囲の消失ま

*名古屋大学医学部耳鼻咽喉科学教室

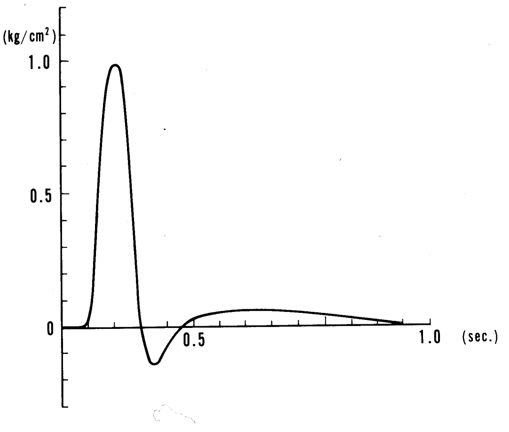

図２　0.2秒間圧力負荷時の圧曲線

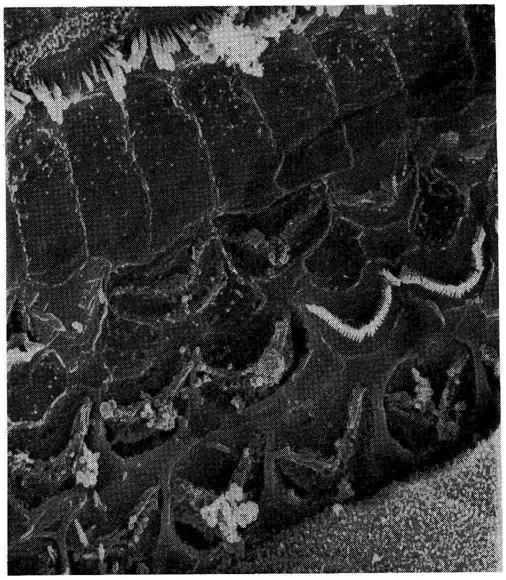

図３　条件（0.2秒）負荷直後の基底回転
外毛第２列，第３列のクチクラ板に陥凹をみる　×3000

で種々であった。

しかしながら，第３回転以上で，ラセン器の形態がなくなるような変化は見られず，２・４週間後には形態的にはほとんど正常であった。

蝸牛窓膜の観察：条件負荷直後に約2/5の症例に蝸牛窓膜の破裂を見たが，この破裂は１週間後には全例閉鎖していた。

基底板の観察：聴毛に明らかな障害が見られる場合も，それに対応する部位の基底板には１部に赤血球，フィブリン様物質の析出を見るのみで基

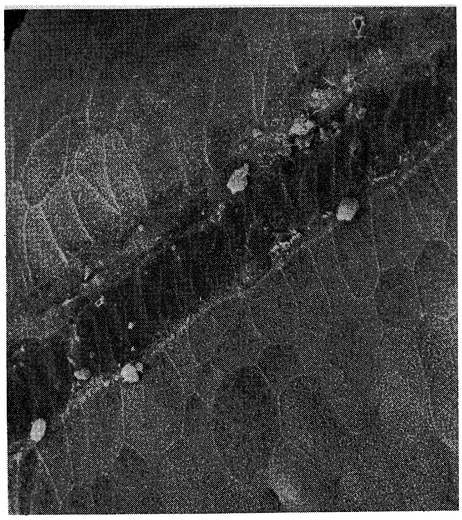

図４　条件（0.2秒）負荷３日後の基底回転
内毛，外毛とも消失し支持細胞に置換され，コルチトンネルのみ残存×1000

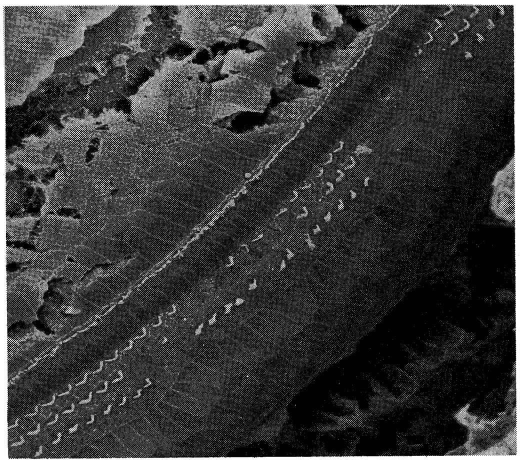

図５　条件(0.2秒)負荷２週間後の第２回転
外毛の不連続な消失を見る。内毛は正常　×500

底板自体にはほとんど変化は見られなかった。

2)　比較的長時間（１秒）圧力を加えた群

瞬間時（0.2秒）に圧力を加えた群と異なり，聴毛の障害は基底回転より連続的に上方回転に及び，また，その程度も第３回転にもクチクラ板の陥凹を見るなど高度となっていた。蝸牛窓膜において破裂を起こしていた。

3)　音響刺激のみ負荷した群

高圧窒素ガス噴射時に生ずる音圧とほとんど同

程度の噴射音を1秒間，右耳で聴取させたが，ラセン器に変化は全く見られなかった。

考　　案

爆発による聴器障害には過大音響など種々の因子の関与があるため，純粋な爆風，すなわち急激な一過性の圧変化による蝸牛障害の病態は不明であり，また，従来の報告は光顕的観察にもとづくため，内耳有毛細胞聴毛の変化は不明であった。そこで著者らは音響因子を除外し，急激な圧力負荷による聴毛の変化を走査型電顕にて観察した。その結果，(1)基底・第2回転の障害が上方回転より著明なこと，(2)外毛が内毛より高度に障害されること，(3)聴毛の障害は瞬間的な圧力負荷の場合は非連続的であること，(4)基底板は聴毛に比較して圧力に対して抵抗性が強いことなどの特徴が明らかとなった。以上の結果と爆発の際に生じる音響に類似した衝撃音による従来の実験成績を比較検討した結果，類似点を多く見出すことができたので，両者は本質的に異るものではないが，障害の程度ならびに範囲より，爆発による内耳障害は急激な圧力変化によるものが主体と考えられる。条件負荷直後に蝸牛窓膜破裂が見られた症例と見られなかった症例では，聴毛の病態に著明な差は見られず，蝸牛窓膜破裂は随伴症状であり，内耳障害の成因は耳小骨一前庭窓経由の機械的刺激によるものと考える。また，聴毛の障害の可逆性については，条件負荷直後に見られる軽度の配列の乱れ程度までは回復可能であるが，それ以上の障害は聴毛の消失，有毛細胞の支持細胞への置換を来たし回復は困難であり，このような変化は条件負荷後4週間でほぼ完成される。

ま と め

モルモットを用い，実験的に瞬間的な圧力負荷を行った場合の内耳微細構造の変化を走査電顕的に観察し，以下の結果を得た。

1) 聴毛の障害は基底・第2回転の方が第3回転以上より著しい。
2) 内毛より外毛が強く障害され，内毛の障害は軽度の場合が多いが，外毛の障害が高度な部位では内毛も障害されることが多い。
3) 聴毛の障害は非連続的である。
4) 基底板は聴毛に比較して抵抗性が強い。
5) 蝸牛窓膜破裂が約2/5の症例に見られた。
6) 1秒間の圧力負荷では障害は高度に，かつ連続的となる。
7) 実験に用いた装置の発生する音響のみでは聴毛に変化は見られない。