616.28：614.825

電気災害に因る聽器病変の実験的研究

岡山大学医学部耳鼻咽喉科教室（指導：小田大吉前教授 主任：高原滋夫教授）

*医学士　上塚萬壽男

〔昭和30年2月15日受稿〕

目　次

第1章　緒　言
第2章　実験方法
　第1節　実験材料及び実験装置
　第2節　組織検査法
第3章　海猽実験
　第1節　海猽実験に於ける臨床的観察
　　第1項　直流実験（低電圧強電流並に高電圧電流）
　　第2項　交流実験（低電圧強電流並に高圧電流）
　　第3項　Joule 熱に就て
　第2節　海猽実験に於ける聽器組織的所見
　　第1項　電流作用直後に於ける聽器組織的所見
　　1）低電圧強電流作用直後の組織所見
　　2）高電圧電流作用直後の組織所見
　　3）「ディヤテルミー」による対照実験
　　第2項　電流作用に因る後障碍に於ける聽器組織的所見
　第3節　海猽実験要約
第4章　家兎実験
　第1節　家兎実験に於ける臨床的観察
　第2節　家兎実験に於ける聽器組織的所見
　　第1項　低電圧強電流及び高電圧電流作用直後に於ける聽器組織的所見
　　第2項　低電圧強電流及び高電圧電流作用による後障碍に於ける聽器組織的所見
　第3節　家兎実験要約
第5章　総括及び考按
第6章　結　論

第1章　緒　言

電気災害に因る聽覚並に平衡機障碍に就いては Calamida, Caliceti, Egbald, Eschweiler, Eulenburg. Fotschner, Haarmann, Jellineck, Klestadt, Lasius, Moog, Nager u. Rüedi, Panse, Perwitzschky, Petzal 等の臨床的報告があり，自分も4例の電気災害例に於て1例には災害直後に現れた聽覚並に平衡機障碍を，他の1例には災害後1年にして発現せる聽力障碍を認め，後者に於てはその「オーヂオメトリー」によつて之が漸傾型高難聽であることを観察した．斯くの如き聽覚並に平衡機障碍は多くは高電圧電流，時には低電圧電流に接触する場合又は落雷に感電した場合に現われ，その発現に二つの様式がある．即ちその1つは災害直後に自覚され数時間乃至数日にして消退する直後障碍とも云う可き比較的屢々見られるものと，他は災害後数日乃至数年を経て自覚される後障碍或は遅発障碍と称せられるものである．而して此等の症状は，ことに屢々聽力と平衡障害の伴つて発現することよりしても，蝸牛及び前庭両神経の近接して存在する聽神経終末部に対する侵襲によるものと考えられる．落雷時の音響及び気圧変化の作用を除いては電流に因る聽器乃至聽神経の障碍に帰せらる可きは容易に推定せられる所であるにも拘らず，此等症例を報告した臨床家は従来一般に聽器自体の変化には寧ろ考慮を払うことなく，却つて一般電気生理学上の

電流に因る中枢神経の組織的変化の記載を基礎として，其侵襲部位を，或は延髄の核損傷と考え（Forschner, Eschweiler, Perwitzschky, Petzal）或は精神的衝撃による中枢神経物質の変化（Caliceti）或は脳皮質の変化（Eulenburg）或は災害のため発生せる漿液性脳膜炎に因る変化（Lasius, Moog）と推定している．

然しながら聴器殊に聴神経組織が電流に因つて侵襲を蒙り得可きことは脇田，Runge，小田，南，Wittmaack，浜野，Porta，Schapurov の電流に因る聴器の組織的変化に関する実験的研究に見ても推定せられる可く，この際脇田，Rungé，小田，南，Wittmaack の研究は電流の聴器に及ぼす影響の基礎的研究とも云う可きものにして，低電圧を用い電気量も少く，作用時間も長く，電気災害の場合とは条件を異にするが，浜野，Porta，Schapurov の研究は臨床上見られるものに最も近似せる型の電気災害に因る聴器病変を究めんとの意図の下に行われたものであつて，高電圧電流を用い聴器組織に変化を認めたことを記載している．然しながら此等浜野等の研究に於ても，局所血行障碍の存在に於て略々成績の一致を見るが，爾余の点に於ては，或は小聴骨，神経繊維，螺旋節（浜野，Porta）或は神経終末装置（浜野，Schapurov）に変化を認めることを記載し，その変化の内容に就ても見解の一致しない点が多く，Porta 及び Schapurov の報告は原著を入手出来なかつたが，浜野の記載を見るに実験方法の記述に実験の性質上重大なる意義を有す可き電気量の問題に触れず，又組織的所見に於ても直流を用いて実験を行えるにも拘わらず，極による組織変化の差異がない等の点に於て再検討の余地を多分に蔵するものと云う可く，此等の研究は電気災害に於ける聴覚及び平衡障碍が聴器或は聴神経に対する電流の侵襲に因つて来るものであろうことを示唆するには充分であつても，電気災害に於ける聴器病変を解明し得たるものとはなし難い．

茲に於て自分は電気災害に於ける諸条件を考慮し，その直後障碍並に後障碍に於ける聴器病変を実験的に究明せんとし，海猟及び家兎を用いて研究に着手した．従来の人体に於ける聴覚並に平衡障碍の報告例を見るに，その災害の最低電圧は Jellineck によつて報告せられた直流 100 V が左側頭部より右頸部に感電し数週間にわたつて難聴を胎した症例であり，最高電圧は Lasius によつて報告された交流50,000 V が左手より足部に感電して 8 日後より難聴及び平衡障碍を起したものであるに鑑み，電圧 100 V 乃至 110,000 V の直流及び 110 V 乃至 45,000 V の交流を電源として，動物が辛うじて生存し得る電気量を試獣聴器に作用せしめ，之に耐えて生存せるものを遮電直後より 160 日にわたる種々な時期に於て生体固定を行い，聴器の組織的検索を行つた処，一定の傾向を示す成績を得たので此処に報告したい．

第2章 実験方法

第1節 実験動物及び実験装置

第1項 試　　獣

鼓膜及び体位，諸迷路反射正常なる海猟及び家兎を撰び，殊に海猟に於ては登坂の Edelmann-Galton の笛を以てする聴力検査法によつて e^2, c^3, c^4, c^5, c^6 の各音に対する聴力正常なるものをとつた．

第2項 電　　極

試獣は腹位に固定し，生理的食塩水に浸たせる綿花を両側外耳道内に充填し，之に先端以外を「ゴム」管を以て絶縁せる白金製電極を軽く貼置した．直流実験に於ては常に右を陽極，左を陰極とした．

第3項 電源電圧及び電気量

低電圧実験

直流 100 V，交流 110 V 及び 220 V を撰び，抵抗として電球及び加減抵抗器を電気回路中に直列に入れ，或は抵抗を回路中に挿入せざることによつて，直流 100 V，100 MA 及び 250 MA，交流 110 V，250 MA，交流 220 V，450 MA を作用せしめた．但し抵抗を挿入せる場合は試獣に対する刺戟電圧の下降を来すことは免れないが，端子電圧を以て記載した．

高電圧実験

高電圧実験に於ては直流は交流100 Vを変圧器，均熱抑制器及び蓄電器（ビラード結線法）によつて高圧となし，二次回路中に高低抗物質（グラファイト棒）と試獣を直列に接続し70,000V及び110,000Vの電流を作用せしめた．交流は110 Vを変圧器を通じてその二次回路に高抵抗物質（グラファイト棒）と試獣を直列に接続し，45,000Vを得た．

勿論臨床上人体に於ける高電圧電気災害の場合その電気量を知りその作用時間を測定することは不可能であるが相当大なる電気量が作用することは想像に難くない．本実験に於ては可及的大なる電流（100 MA）を作用せしめんと試みたが，不幸実験中途にして整流管を不調ならしめ，止むを得ず海猽実験の大部及家兎実験の全部に於ては4 MAを以て実験し又高電圧交流実験に於ては電流の強さを測定することは出来なかつたが，何れも動物が辛うじて耐え得る時間作用せしめる事により作用する電気量を大ならしめることにつとめた．又高電圧実験に於ては電圧は端子の実効電圧を以て記載した．回路中に50,000 Ωの「グラファイト」棒を挿入したために電圧の降下は考え得るが，端子電圧高く，通過電気量少なきため試獣に対する刺戟電圧は端子電圧に近いものと解される．尚此等は尖頭電圧によらず実効電圧を以て記載した．

第2節　組織的検査法

聴器組織検査に当つては従来の我教室に於ける諸実験と同様の方式によつて生体固定を行い，「ツエロイデイン」包埋法によつて15μの連続切片となし，各5枚目をとつて「ヘマトキシリン・エオジン」染色によつて聴器全体を観察し，必要に応じてWittmaack二次的「オスミユム」酸染色により神経髄鞘の検索に当て，更に一部の動物に対しては神経節細胞精査の目的を以て田中氏法によつて「チオニン」染色を行つた．

第3章　海猽実験

海猽に低電圧強電流としては

1）直流 100V 100MA
2）直流 100V 250MA
3）交流 110V 250MA
4）交流 220V 450MA

を，高電圧電流としては

5）直流 70,000V 100MA
6）直流 110,000V 4MA
7）交流 45,000V

を動物が失神，呼吸停止するにいたる時間又は之に近き時間作用せしめ，その実験に耐えたるものを遮電直後固定せるものと，翌日より98日にわたる期間飼育観察の後固定せるものに分つて組織検査を行つた．

第1節　海猽実験に於ける臨床的観察

第1項　直流（低電圧強流及び高電圧）実験

1）直流作用時所見

i）低電圧強電流（100V 100MA群，100V 250MA群）を作用せしめると，前者は約50秒にして100MAに，後者は約20秒にして250MAに達する．電流を通じ始めるや動物は全身に強度の強直性痙攣を来たし呼吸促迫，100MA群に於ては約3分後，250MA群に於ては約1分の後漸次全身の筋肉緊張は弛緩し呼吸数を減じ，100 MA群にては約7分後，250MA群にては2分後呼吸は停止し仮死の状態に陥る．電流作用中は眼球震盪は弱電流の場合と趣を異にして，方向，振幅，速度一定せず，始め陽極側に向い次いで陰極側に転ずるものあり，又始めより発現を見ざる少数のものもあつた．

ii）高電圧直流（70,000 V 100MA群及110,000 V 4MA群）による実験に於ては試獣に近接することは危険なるが故に3Mの距離に於て観察，随つて眼所見は観察し得なかつたが，全身症状は低電圧に於ける夫と軌を一つにするが70,000V 100MA群に於ては10～20秒，110,000V 4MA群に於ては5～20分にて呼吸停止し失神し，之以上に及べば死亡する．失神の時期に遮電すれば暫時にて意識回復し，間隔を置いて電流の作用を反復すれば同様の症状を反復する．動物に作用する電

気量を多からしめ且高圧電流発生装置の破損を防ぐために 70,000V 100MA 群に於ては10秒を，110,000V 4MA 群に於ては10分を単位時間として30秒の間隔を置いて分割作用せしめた.

2) 直流遮電後の状態及び其後の経過

遮電直後は低電圧実験高電圧実験共に多く失神状態に在り，そのまゝ死亡するものも少くない．幸に回復したものゝ体位，静定迷路反射及び聴反射を見るに

体位及び静定迷路反射

は次の二様の型を以て経過するものが多い．即ち

a) 遮電後身体の緊縛を解くや直に地上位に於ては軀幹を陰極側に30°旋捻し，頭部を陰極側にむかつて震盪且頭部を陰極側に45～90°回旋し，陽極側に30～45°転向し，陽極側に向つて輪転運動をなし，懸垂上位に於ては頭部を陰極側に90～120°回旋，軀幹を陰極側に30～60°旋捻する．眼球は陽極側について記せば自発体位に於ては偏位はないが，体位正常位にもち来たせば下方に偏位し，後上方又は前下方に向う不規則なる眼震を示す．直線運動に対する反射は軽度に存するものが多い．遮電後失神状態に在るものも，幸に死を免がれたるものは回復後同上の体位静定迷路反射を示すものが多い．

b) 始め a) と全く反対方向の体位及び静定迷路反射を示し，数分の後漸次 a) と同様式に移行する．

尚以上の何れにも属せず，地上位に於て頭部を陽極側に30～60°旋回し，陽極側に転向，陽極側に輪旋運動をなすもの等あり．眼球震盪も陽極側に就て記せば前上方，前下方と変動し頻度も一定せざるが如きものである．

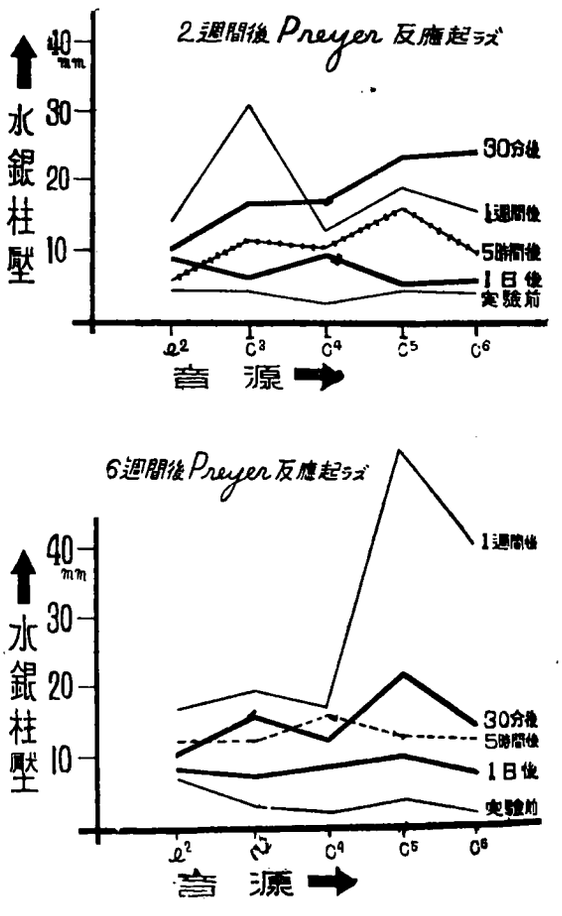
以上の如き実験直後に於ける静定迷路機能の不均衡状態は約1～2時間の後には全く消失するもの多く，大多数に於ては翌日よりは正常の体位をとり，特発眼震なく，迷路性向位反射，代償性眼球運動も正常に発来する．回転後眼震は始め陰極側回転によるものは陽極側回転によるものよりも弱かつたが，数日後には同程度となるものが多い．

例外的に，其後外耳道より多量の排膿を来たすにいたつたものの少数例 (No. 82, No. 80, No. 85) に於て反対側に向う眼震を示し其側の迷路向位反射を失うものがあつた．

聴反射

Preyer 反応は拍手の他 Edelmann-Galton. 笛を以てする登坂の法に従い，実験前，直後，30分～1時間後，24時間その後毎日或は数日毎に e^2, c^3, c^4, c^5, c^6 に就て検査した．実験直後 Preyer 反応は消失するが30分～1時間後は微弱ながら発現を見，翌日よりは正常値近く反応を見るものが多い．之等もその後漸次高音部より反応の低下を見，数日乃至数10日の間に全く反応を見ざるに至つた（第1図）．但し実験後火傷のため耳介脱落して Preyer 反応を観察し得ざるものもあつた (No. 74, No. 96, No. 111, No. 200, No. 207).

第 1 図



第2項 交流（低電圧及び高電圧）実験

1) 交流作用時所見

i) 低電圧強電流（110V 250MA群，220V 450MA群）に於ては電流を作用せしめ始めるや，直流の場合よりも更に激しき強直性痙攣を現わし，方向，振幅，速度極めて不規則なる眼球運動を来たし，110V 250MA群に於ては2分後，220V 450MA群に於ては30秒後呼吸停止を見るに至り，此時期に遮電すれば凡て昏睡に陥る．

ii) 高電圧交流（45,000V群）に於ては約20秒にして呼吸停止を見るを以て10～20秒を単位時間として分割作用せしめた．

2) 遮電後の状態並にその後の経過

之等の動物は遮電後は何れも意識不明に陥り呼吸一時停止し，次いで死亡するものも少くなかつた．幸に暫時にして呼吸運動を営むにいたり生存し得たものも直流実験に於けるよりも衰弱著しく，実験の翌日或は2～3日後死亡するものが多かつた．生存したものに於て静定迷路反射及び聴反射を見るに

静定迷路反射

意識回復直後は疲労衰弱のために右側又は左側臥位をとるが，時の経過と共に地上位のみならず懸垂位に於ても正常なる体位を示すにいたり，特発性眼震は認められず，回転性後眼震も左右回転による差はなかつた．直線運動反射は正常であつた．

聴反射

実験直後は凡ての試獣に於て Preyer 反応は陰性であつたが，次第に回復した．但しその後数日にして再び消失した．

Preyer 反応消失後の経過を観察し得たものは交流実験に於ては低電圧群のみであつて交流45,000V群は凡て数時間後に死亡し後障碍検索の資とすることが出来なかつた．

第3項 Joule 熱に就て

電極を貼圧した外耳道に於ては Joule 熱を発生し，外耳道の温度は次第に上昇し，試みに低電圧直流実験に於て検温器の密着による測定に於ても陽極側 58～100°，多くは 90°以上に，陰極側 47～65° 多くは 60° 以上に及んだ．電流作用開始後約60秒の間に其等の温度に達する．高電圧実験に於ては測定出来なかつたが実験後強い発熱を触知した．熱作用が聴器組織に変化をおこし得ることは片岡の実験に於ても記載せらるるが故に，本電気実験に於て聴器に発見さる可き組織的変化の分析に当つて，電流に因るものと Joule 熱によるものとの鑑別に資せんとして，「デイヤテルミー」を用いて外耳道に Joule 熱を発生せしめその聴器を組織的に検した（後述）．

第2節 海猿実験に於ける聴器組織的所見

第1項 電流作用直後に於ける聴器組織所見

上述の低電圧強電流及び高電圧電流の実験に耐えてその直後生体固定を施したものは

低電圧実験群

第1群（直流 100V 100MA，5′～10′）
No. 75 (5′)，No. 148 (7′)，No. 83 (8′)，No. 79 (7′)*，No. 66 (10′)*

第2群（直流100V 250MA，30″～5′）
No. 117 (30″)，No. 113 (90″)，No. 112 (2′)，No. 127 (2′30″)，No. 126 (3′)，No. 125 (5′)，No. 132 (40″)*，No. 133 (2′)*，No. 134 (2′)*

第3群（交流110V 250MA，2′）
No. 89 (2′)，No. 90 (2′)，No. 91 (2′)*

第4群（交流 220V 400～450MA，20″～30″）
No. 101 (20″)，No. 102 (30″)*

高電圧実験群

第5群（直流70,000V 100MA，10″～20″）
No. 51 (10″)，No. 73 (20″)

第6群（直流 110,000V 4MA，5′～20′）
No. 141(5′)，No. 153(10′)，No. 138(10′)，No. 146 (20′)，No. 140 (5′)*，No. 143 (10′)*

第7群（交流 45,000V 20″～60″）
No. 53 (40″)，No. 103 (40″)，No. 105 (50″)，No. 106 (20″)*，No. 104 (60″)*

であつた．但し* 印のものは田中氏法による神経節細胞標本を作製し，他は聴器全体標本製作にあてた．

1) 低電圧強電流作用直後の組織所見

剖検に当り此等の内1例に両側肺に斑状出

血（No. 126）を，他の1例に於て右小脳半球及び右大脳半球横裂部に少量の出血を認めた（No. 101）外，少くとも肉眼的には脳，胸腹部に出血を認めなかつた．

此等第1～4群の低電圧強電流実験群の組織的所見は，主なる組織諸変化を示す聴神経所見に於て，直流実験と交流実験との間に確然たる差異が認められた．

低電圧強直流実験直後所見（第1群及び第2群）

軽重の差はあれども同様の性質なるを以て一括記載すれば

中耳

鼓膜に穿孔（No. 113 陽極側，No. 127 両側，No. 125 陰極側）又は水泡形成（No. 75，No. 117 各陽極側，No. 127 陰極側，No. 126 両側）を有するものがあり，中耳骨壁の一部破壊され，又は中耳粘膜下組織に腫脹，出血を認めたものがあつた．小聴骨小聴筋は正常．

内耳

迷路嚢に異常なし．

迷路内腔には2例（No, 83陽極側，No. 127 両側）に少量の滲出液及び出血を認めた外，異常なし．

主なる所見は聴神経組織，殊に螺旋及び前庭神経節，聴斑聴櫛神経上皮層に見られる．之等は陽極側及び陰極側によつて截然たる差異あり．

陽極側に於ては神経節細胞体は腫脹淡染し細胞境界不明なるもの多く，核は概ね偏在し核小体及び Nissl 氏小体は崩壊せるかの如く淡染消失せるものあり．陰極側に於ては節細胞体は萎縮濃染し，細胞境界は鮮明にして細胞周囲に空隙を形成し，Nissl 氏小体は膨大濃染している．斯る変化は前庭節よりも螺旋節に於て著しく，螺旋節に於ては上方回転よりも下方回転に於て著明である．

聴斑及び聴櫛に於ては神経上皮層は陽極側に於ては腫脹し粗鬆になり，上皮細胞の核は却つて縮小し，核は濃染し，陰極側に於ては神経上皮層は正常のものに比して密となり厚さを減ずるものあり．耳石膜及び「クプラ」には正常のものとの間に差異は認め得なかつた．

Corti 器及びその毛細胞は異常なし．

聴神経繊維には証明し得る変化なし．

以上の聴神経組織を次の符号を以て図示すれば第2図の如く．

◎高度腫脹，◎中等度腫脹，○軽度腫脹，－変化なきもの，・軽度萎縮，●中等度萎縮，●高度萎縮．

第 2 図

操作		DC 100V 100MA					DC.100V 250MA								
試獣番號		75	83	148	66	79	117	113	112	127	126	125	194	189	192
陽極側	螺旋神經節	◎	・	◎	◎	◎	・	◎	－	◎	◎	○	◎	◎	◎
	前庭神經節	◎	・	◎	◎	◎	・	－	・	○	◎	◎	◎		◎
	聽斑	◎	・	－			・	◎	◎	◎	◎	◎			
	聽櫛	○	－	－			－	◎	－	－	◎	◎			
陰極側	螺旋神經節	●	・	●	●	●	・	●	－	●	●	●	●	●	●
	前庭神經節	●	・	・	・	・	・	－	・	・	●	・	●	●	●
	聽斑	●	・	－			・	●	●	●	●	●			
	聽櫛	・	－	－			－	●	－	－	●	●			

低電圧強交流実験直後所見（第3群及び第4群）

略々同様の所見を示すを以て一括記載すれば脳及び胸腹部臓器に少くとも肉眼的には出血を示すものはなかつた．

中耳

鼓膜に水泡を形成するもの（No. 101）ある他中耳骨壁，粘膜，小聴骨，小聴筋に異常なし．

内耳

迷路嚢に変化を認めず．

迷路内腔には No. 89，No. 90，及び No. 101 の1側に少量の出血を見る他変化なし．

聴神経組織には No. 91 右側に軽度の変化即ちその基礎回転螺旋節及び前庭節に神経節細胞の一部は原形質腫脹やゝ淡染，細胞境界不明となり Nissl 氏小体縮小せるを認め，又一部に於ては節細胞の却つて原形質中等度に萎縮濃染し，Nissl 氏小体は膨大濃染し且つ細胞周囲に大なる間隙を形成し，斯かる腫脹又は萎縮せる節細胞が，正常なる節細胞に交つて混然と存在する．

聴斑，聴櫛，Corti 器及び神経繊維には異常を認めなかつた．

2) 高電圧電流作用直後組織的所見

高電圧電流実験群（直流第5～6群，交流第7群）に於ても直流実験と交流実験との間に，低電圧実験に於て証明したと同様に明かなる差異があり，其変化は低電圧に於ける直流及び交流の夫に各一致する．唯交流に於て程度が強いのを認めた．

高電圧直流実験直後所見（第5～6群）

脳及び胸腹部臓器に出血を認めず．

中耳

少数例に於て鼓膜穿孔（No. 138 両側，No. 146 陰極側）及び水泡形成（No. 146 及び No. 153 陽極側）を見，No. 146 陰極側に粘膜下組織腫脹赤血球滲出を見る他，中耳粘膜及び骨壁に異常なく小聴骨及び小聴筋に異常なし．

内耳

迷路嚢及び迷路内腔正常．

主なる変化は聴神経組織に在り，その占位及び性質は全く低電圧強直流実験（第1～2群）に於ける変化に全く一致す．

高電圧交流実験直後所見（第7群）

脳に少くとも肉眼的には出血を認めず．

中耳

鼓膜に水泡形成せるもの1例（No.103右側）を見る他，中耳骨壁，粘膜，小聴骨，小聴筋に異常なし．

内耳

迷路嚢，迷路内腔にはNo. 53両側に少量の出血を見る外異常なし．

主なる所見は螺旋神経癖及び前庭神経節に見られ，之等の変化は前述の低電圧交流実験に於ける変化と，程度を異にするも同様の性質を示し，即ち基礎回転螺旋神経癖及び前庭神経節細胞は「ヘマトキシリン・エオジン」染色に於ても萎縮濃染せる細胞と膨大淡染せる細胞との混在を認めたが（No. 53 右，螺旋神経節，No. 103 右，前庭神経節）斯る変化は田中氏法標本（No. 104，No. 106）に於ては螺旋，前庭両神経節細胞に著明に認められた．即ち一部節細胞は高度に腫脹して楕円形又は卵円形を呈し，その細胞境界不鮮明，原形質は膨大，淡染し Nissl 氏小体融解溷濁するか又は微かに周辺部に存在し核は概ね偏在する．又一部の節細胞は原形質萎縮濃染し，細胞境界鮮明，細胞周囲に大なる空隙を作る．Nissl 氏小体は融解しその形態は不鮮明である．又萎縮の高度なるものに在つては原形質殆んど消失し微かに核の周囲に囲繞している．かゝる腫脹せる節細胞と萎縮せる節細胞とが同一神経節内に混然として存在する．

聴斑，聴櫛，Corti 器，神経繊維には正常のものと比較して差異を認めない．

3) 「デイヤテルミー」による対照実験

叙上の実験成績を Joule 熱に起因し得るものと識別せんとして Siemens 製「デイヤテルミー」発生装置を用い電流及び火花間隙を調節して，海猿の両側外耳道に高周波電流（150 MA～250 MA）を作用せしめ，聴器の組織的変化を検索した．

No. 128（250 MA2′），No. 129（250 MA5′），No. 130（150MA10′），No. 131（200MA2′）

高周波電流を作用せしめると呼吸促迫し苦悶するが低周波電流の如く甚しくはない．電極附近より Joule 熱の発生と共に白色の蒸気発生し温度は上昇する．検温器の接着による測定に於ても，遮電前 88″～95′ 多くは 90° 以上を認めた．遮電後全身筋緊張は衰えるが前庭器障碍は認められなかつた．

両側外耳道皮膚は浮腫状に腫脹し，聴器組織的所見は

中耳

鼓膜に水泡形成（No. 129，No. 130）又は中耳粘膜腫脹（No. 129）を見た．小聴骨，小聴筋に異常なし．

内耳

内耳壁，腔及び聴神経組織に異常なし．

即ち電流実験に於ける聴神経組織所見は直流及び交流の間に截然たる差異の存する点及び直流実験に於ては極側によつて明かなる特徴を有する点よりしても既に Joule 熱に因るものに非ずして電流に特有なる変化と考えられるが，この Joule 熱の実験に於ては聴神経

組織に何等の変化を証明しなかつた．之に反して中耳に於ける所見は電流実験に於けるものと，高周波実験に於ける Joule 熱による変化とを区別することが不可能であつた．

第2項 電流作用に因る後障碍に於ける聴器組織所見

電気災害による後障碍の病理を明かならしめんとして低電圧強電流及び高電圧電流の作用後，之に耐えて1～98日の観察の後組織検査を行つたものは低電圧実験群

第8群（直流 100V 100MA 30″～10′）

1日後 No. 200（7′） 11日後 No. 77（5′）*
1日後 No. 207（6′） 14日後 No. 60（10′）
3日後 No. 65（7′） 14日後 No. 80（3′）
3日後 No. 74（10′） 30日後 No. 59（1′）
5日後 No. 81（5′） 39日後 No. 58（1′）
6日後 No. 82（5′） 40日後 No. 57（30″）
7日後 No. 76（5′） 40日後 No. 61（1′）

第9群（直流 100V 250MA 20″～60″）

2日後 No. 111（1′） 35日後 No. 108（40″）
4日後 No. 115（30″）* 35日後 No. 85（30″）
5日後 No. 95（50″） 35日後 No. 84（20″）
7日後 No. 96（30″） 42日後 No. 121（20″）
28日後 No. 118（30″） 45日後 No. 120（20″）
30日後 No. 136（30″） 56日後 No. 109（20″）

第10群（交流 220V 450MA 12″～20″）

12日後 No. 100（20″） 14日後 No. 98（12″）

高電圧実験群

第11群（直流 70,000V 100MA 30″～60″）

12日後 No. 68（30″） 72日後 No. 69（60″）
25日後 No. 71（60″）

第12群（直流 110,000V 4MA 5′～60′）

1日後 No. 145（10′） 20日後 No. 155（60′）
2日後 No. 139（5′）* 26日後 No. 144（10′）
5日後 No. 142（5′） 30日後 No. 154（60′）陽極側*
19日後 No. 152（30′） 98日後 No. 147（20′）

但し *印は田中氏神経標本，尚交流45,000V群は凡て1～2日内に死亡し後障碍検索の資となし得なかつた．

以上各群に於ける組織的所見は実験後の時日の経過の長短による新旧の差は存在するも遮電直後に見たるが如き交流実験及び直流実験の間における差異なく，高圧及び低圧の間にも殆ど差異は認められなかつた．よつて之等を纏めて記述すれば，

外耳道

表皮層は厚さを増し，皮下結締織増殖強く一部には白血球浸出あり．表皮の消失せるものあり．実験後日数を経過するもの程著明である．

中耳

全例に鼓膜穿孔，全欠損又は肥厚等を認め，3日以上経過せるものには中耳骨壁の骨融解，骨新生（直流実験に於ては陽極側に於て著し）粘膜下組織の結締織増殖あり，或は大部分消失せるものあり．中耳腔は白血球及び繊維素を以て充たされ，長く経過せるものは中耳腔は結締織及び骨組織を以て置換さるゝものあり．小聴骨，小聴筋も中耳の炎症劇しきものに於ては消失するものあり．

内耳

迷路嚢は中耳の炎症甚しきものに於ては一部融解欠損し結締織を以て置換さる（No. 82, No. 80 両側，No. 108，No. 85各陰極側）迷路内腔は約 1/3（低電圧 No. 207, No. 65, No. 81, No. 60, No. 58, No. 57, No. 121, No. 120 各両側，No. 108, No. 109 の各陽極側，高電圧 No. 69, No. 145両側，No. 68, No. 144各陰極側）に於て清澄なるも他の 2/3 に於ては内外淋巴腔に滲出液，繊維素，赤血球，白血球を認める．炎症の甚しいものはReissner氏膜を失うもの（No. 82, No. 80, No. 85）あり，又迷路内の炎症甚しく長時日を経過せるものは内外淋巴腔を結締織又は骨組織を以て充たせるもの（低電圧実験中，No. 82, No. 108, No. 98各両側，No. 84陰極側高電圧例中のNo. 152陽極側，No. 147 両側）あり．聴神経組織は Rosenthal 管骨壁の一部の破壊せられたるもの（低電圧例 No. 74, No. 81, No. 108, No. 100, No. 98 の各両側，No. 84 陰極側，高電圧実験中No. 152 陽極側）に於てのみ見られ，即ちこの部に於て節細胞は核及び原形質を萎縮濃染し，或は将に融解消失せんとするもの

あり．節細胞周囲に円形細胞浸潤を見るものあり．

これ等の炎症機転が Rosenthal 管骨壁を犯せるもの以外に於ては神経節細胞及び神経繊維に変化は認めなかつた．

聴斑，聴櫛及び Corti 器には迷路内腔に変化なき限り正常であつた．

第3節 海猪実験の要約

以上の海猪実験即ち海猪に低電圧強電流及び高電圧電流を，動物が漸く耐え得る限度の時間作用せしめて後，その直後及び1～98日の観察の後その聴器を組織的に検索した所を要約すれば，

1) 実験直後即ち静定迷路機能障碍，聴反射欠如のある時期に於ける主なる変化は聴神経組織に見られ之は電圧の高低よりも直流なりや，交流なりやによつて特有なる傾向を示し，即ち直流実験に於ては螺旋神経及び前庭神経節細胞は陽極側に於て淡染腫脹し陰極側に於て萎縮濃染し，聴斑及び聴櫛の神経上皮層は陽極側に於て腫脹粗鬆となり陰極側に於て稍々縮小の傾向があつた．之は小田が低電圧弱電流の直流を長時間作用せしめて直後確認した所に一致する．又交流実験に於ては螺旋神経節に変化を示すものあり，斯かるものに於ては萎縮濃染せる節細胞と腫脹淡染せる節細胞とが正常の形態を保てるものと相交つて存在するのを認め，その程度は高電圧実験に於て稍々高いのを認めた．

之等の電流作用直後の特有な聴神経組織の変化は翌日以後の標本に於ては最早や証明することが出来なかつた．

中耳には鼓膜穿孔，水泡形成，中耳粘膜の腫脹出血を示すものもあつたが，之は「ディヤテルミー」による Joule熱による変化と本質的に区別し難いものであつた．

2) 電気災害後障碍に於ける聴器の変化を究明せんとして，実験後一時回復した Preyer 反応が数日後より漸次高音より失われて全々反応を示さなくなるものを追つて（内No. 80, No. 82, No. 85 に於ては前庭機能障碍をも示した）98日にわたる種々なる時期に組織的に検討したが，此処に発見されたものは中耳に於ける炎症性変化の種々なる過程と約全例の $^{2}/_{3}$ に於ける内耳の炎症であつて，中耳に於ける骨破壊が直流実験に於て陽極側に少しく著しかつた外，直流実験と交流実験との間にも高電圧実験と低電圧実験との間にも差異は無く，又全例の約 $^{1}/_{4}$ の例に認められた螺旋神経節に於ける変化も，内耳炎によつて Rosenthal 管の開放されたものに限られていた．此等の炎症性変化に Joule 熱による組織損傷に起因することを否定することは不可能であつて，唯この際直流実験に於て陽極側に中耳骨破壊が少しく著しい事は或は電極による差異として電流の作用とも解し得可けんも，寧ろ之に関しては陽極側に於ては陰極側に於けるよりも Joule 熱が 10～30° 高く測定されたことを想起す可きである．

即ち海猪実験に於ては遮電直後聴神経組織は電流実験にのみ見られる．且交流及び直流に夫々特有なる変化を来たすこと，並に之が迷路症状の去ると共に回復することを知つたが，電流に因る後障碍に関しては何等の知見を加えることが出来なかつた．之は一つに迷路が中耳胞内に突出し，而もその骨壁の薄い海猪聴器の特殊構造が Joule 熱の発生を伴うこの実験に不適当であることを示すものである．

第4章 家兎実験

海猪実験の要約に於て述べたるが如く海猪聴器の特殊なる解剖的関係を考慮して，迷路が中耳胞内に突出することなく．且その骨壁も海猪に於けるが如く韮薄ならざる家兎を用いて，主として電気災害の後障碍の組織像を明かにせんとした．又電流作用直後の聴神経組織所見を家兎に於ても確認せんとして，少数例の直後実験をも併せ行つた．

即ち

1) 直流　100V 400MA

2) 直流 110,000V　4MA

を，海猪に於けると同様にして家兎聴器に作用せしめ，遮電直後並に30日後より 160 日後

にわたる臨床観察の後組織的検査を行つた.

第1節 家兎実験に於ける臨床的観察

電流を作用せしめると，海猟に於けると同様の症状を呈し 100V 400MA 群に於ては約20～40秒，110,000V 4MA 群に於ては約15分にして呼吸停止を見る．後者に在つては10分を単位時間として30秒の間隔を以て分割通電した．遮電後凡ての動物は昏睡状態に陥り，幸に実験に耐えて恢復するものは，恢復直後は海猟実験に記載せるが如き種々なる体位をとるも，その大多数のものは地上位に於て軀幹を陰極側に旋捻し，頭部を陰極側に回旋，陽極側に向つて輪旋運動をし，懸垂下位にては軀幹を陰極側に約60°旋捻し，頭部を陰極側に90°回旋す．正常体位に持ち来たせば眼球は（陽極側について記す）下方に偏位，後下方又は前下方に向う振幅不定の眼震を示す．此等の静定迷路機能の不均衡状態は数日後には全く消失する．回転性後眼震は実験後は陰極側回転によるものが陽極側回転によるものよりも微弱であるが，数日後には同程度となる．この時期には迷路性向位反射にも異状を認められない．

第2節 家兎実験の組織的所見

第1項 直流低電圧強電流及び高電圧電流作用直後に於ける組織的所見

第1群（直流 100V 400MA 20″～40″）

No. 15(20″) No. 16(40″) No. 18(20″)*

第2群（直流 110,000V 4MA 10′～40′）

No. 12(10′) No. 13(40′) No. 14(20′)*

但し*印は田中氏神経標本

之等の組織的所見は程度に多少の差異はあるが，海猟に於けるが如く同性質なるを以て纒めて記載する（脳及び胸腹部に出血を見たものはなかつた）.

中耳

鼓膜には水泡形成（No. 16, No. 12, No. 13）あり，中耳粘膜に軽度の腫脹を認めた．小聴骨及び小聴筋には異常はない.

内耳

迷路嚢に異常なし．迷路内腔にはNo. 13に少量の滲出物を見た他，滲出，出血なし．主なる内耳所見は海猟に於けると同様のものが聴神経組織に見られた．即ち螺旋神経節及び前庭神経節に於ては陽極側に於ては節細胞体は腫脹淡染し，細胞境界不鮮明のもの多く，核は概ね偏在して淡染，核小体及び Nissl 氏小体は破壊されるものもある．陰極側に於ては神経節細胞は萎縮濃染し，細胞境界鮮明，細胞周囲に空隙を生じ，Nissl 氏小体は膨大濃染し，核は濃染する．此等神経節細胞の変化は一般に前庭神経節よりも螺旋神経節に於て著しく，螺旋神経節に於ては上方回転よりも下方回転に於て著明である.

聴斑，聴櫛に於てはその神経上皮層は陽極側に於ては腫脹粗鬆となり上皮細胞核は却つて縮小し核は濃染する．陰極側に於ては上皮層は却つて密となり厚さを減じ，細胞核の萎縮を認めない．耳石膜，「クプラ」に変化を認めず．Corti 器及びその毛細胞は正常．神経繊維に異常を認めず.

第2項 電流作用の聴器後障碍に関する組織的所見

幸に実験に耐えて30～160日の観察の後組織的検査を行い得たものは

第3群（直流 100V 400MA 10″～30″）

30日後 No. 20(10″) 100日後 No. 43(20″)*

35日後 No. 12(30″) 140日後 No. 10(20″)

35日後 No. 34(20″) 160日後 No. 11(10″)

60日後 No. 35(20″)

第4群（直流 110,000V 4MA 20′～40′）

30日後 No. 8(40′) 60日後 No. 23(30′)

38日後 No. 30(20′) 100日後 No. 4(30′)

45日後 No. 31(20′)* 120日後 No. 2(30′)

60日後 No. 28(20′)

*印は田中氏神経標本

以上の組織的所見は

中耳

鼓膜に穿孔を認めたるもの（No. 35, No. 8, No. 4 各両側，No. 2 陰極側）の他全体に鼓膜肥厚あり．No. 35, No. 8の両側及びNo. 20の陰極側の中耳骨壁は骨融解，粘膜下結締織増殖，濃汁を認め，粘膜の一部は消失，中耳腔は結締織及び新生骨を以て置換されているが，

他の例に於ては，中耳粘膜下に結締織増殖の外著変を認めない．

内耳

迷路嚢は中耳の骨及び粘膜に著明なる炎症性変化を有する No. 35, No. 8 の両側に於て骨壁の一部を失い結締織を以て置換された外変化はない．

迷路内腔は同上の No. 35, No. 8 各両側及びNo. 30 の陰極側に繊維素滲出膿球を認める外凡て清澄であつた．

聴神経組織には No. 23 (110, 000 V 4 MA 30′ 60日後), No. 28 (110, 000 V 4MA20′60日後) の陽極側に於てのみ明らかなる変化を見た外，全く変化は見られなかつた．即ちこの両例に於ては陽極側螺旋神経節に於ては各回転特に基礎回転に於て節細胞の数を減じ甚だしきは正常の約 1/20 以下となれる部あり，残存せる節細胞も細胞体及び核の融解淡染するもの多く核膜も不鮮明であつた．聴斑，聴櫛，Corti 器は正常であつた．

神経繊維は螺旋神経節の荒廃を見たものに於てのみ髄鞘の染色不良を見た．

第3節 家兎実験の要約

100 V 400MA 及び 110, 000 V 4MA の直流を家兎聴器に，動物が辛うじて耐え得る時間作用せしめ，その直後及び 30～120 日の後組織検査を施した．以上の実験に於て，直後に於ては海猟に於ける直流実験の所見に全く一致する聴神経組織の変化を示し，又 30～120 日にわたる長期観察の後組織検査を施せるもの14例の内 2 例に於て内耳に炎症性変化を認め，他の 2 例の陽性例に於て螺旋神経節ことに基礎回転に於て荒廃と神経繊維の染色不良を発見した．前者は同時に中耳に激烈なる炎症を認め，内耳の炎症は之に続発するものであるが，後者は中耳内耳共に何等の炎症的所見無く，電流に因るものと解せられる．Preyer反応を検し得ざる家兎なるを以て生前の聴力を知る事が出来なかつたがこの所見はかなり高度の難聴を来たし得ることは推定に難くない．

第5章 総括と考按

海猟及び家兎に於て低電圧強電流及び高電圧電流をその聴器に，夫等動物が辛うじて耐え得る限度迄作用せしめ，電気災害に於ける聴器変化を究明せんとした．

遮電直後海猟が著しく静定迷路機能の不均衡を示し Preyer 反応を喪失せる時期に行つた組織検査の所見の内，中耳に於ける所見は「デイヤテルミー」を用いて検討したJoule熱によるものと本質的に区別することは出来なかつたが，聴神経に於ける所見は Joule 熱による実験に認めざるものであり，電流実験に特有なるものであつた．即ちその成績は電圧の高低によるよりも，直流実験と交流実験とによつて截然たる相違を示し直流実験に於ては変化は螺旋神経節細胞，前庭神経節細胞，聴櫛，聴斑の神経上皮層に見られ，陽極側に於ては神経節細胞は腫脹淡染し，神経上皮層は腫脹鬆粗となり，陰極側に於ては神経節細胞は萎縮濃染し神経上皮層は縮小の傾向があり交流実験に於ては変化は螺旋神経節に見られ淡染腫脹せる節細胞と濃染萎縮せる節細胞とが正常なる節細胞と共に雑然と混在するのをみた．これ等凡ての例に於て Corti 器には異常を見なかつた．家兎直流実験に於ても海猟直流実験と同じ所見を認めた．これ等直流実験の所見は全実験例に於て必発的であり小田が直流の低電圧弱電流を用いて精細に実験し確認した所に全く一致し，その後Wittmaack及び南が前庭神経終末（「クプラ」及び耳石膜を除く）に認めた所に一致した．

これ等の遮電直後の聴神経組織に見られた定型的な変化は，翌日以後のものに於ては最早組織的に証明することが出来なかつた．之も小田の記載に一致し，人の電気災害に於て直後障碍としての屢々見られる聴覚及び平衡障碍は多く数日内に恢復することに一致する．

これ等の電気災害の直後障碍の検討に次いで後障碍に於ける聴器組織像を知らんとして，Preyer 反応が実験後漸次失われ行くものを98日迄追及して組織検査を行つた海猟の聴器

に証明せられたものは，期待に反して，主として中耳，内耳に於ける炎症性変化であつて，此等は Joule 熱による組織損傷に由来するものに非ずとの反証なく，それ等標本の一部に認められた螺旋神経節の変化も，炎症によつて Rosenthal 管骨壁の破壊されたもののみに限られ，之等は電気災害に於ける後障害たる難聴の原因を説明するものと認めることは出来なかつたが，次いで行つた家兎実験に於て電流作用後30～120日に及ぶ種々なる時期に組織検査を施した14例の内に中耳及び内耳に炎症性変化を有せざる2例（60日後）の陽極側に螺旋神経節の明瞭なる荒廃を確認した．之は Runge の記載した所に一致する．電気災害の後障碍として神経節細胞の変化を貽すことは Jellinek の注意す可き報告がある．即ち32才の男子 50,000 V の三相交流に感電し，災害後尺骨神経麻痺，Horner 氏症候群及び狭心症を悩み7年後肺結核のため死亡したものの剖検に於て脊髄側索に神経節細胞の「クロマトリーゼ」，「ホモゲニジールグ」及び核損傷を認め，Jellinek は更に家兎に於て高電圧電流を咽頭肛門間に通じて3週間後に固定してその脊髄神経節に節細胞の変性及び空胞形成を見た．Jellinek の之等の観察は，自分の実験後60日の家兎に螺旋神経節の荒廃を認めた事実とよく一致し，電気災害は後障碍として神経細胞変性を貽すものと推定される．

即ち以上の実験成績よりして，電流による直後の聴神経組織の変化は多くは可逆的であるが，又後障碍として時に螺旋神経節の荒廃を貽すことを示すものである．

又電気災害の多数の文献を見るに，夫等は主として中枢の障碍に由来するものとされている．既に1885年 Grange が動物の延髄に小出血の発現を認め，1898年 Corrado は犬の神経節細胞に空胞形成「クロマチン」転位を見，1902 Jellinek は中枢神経に於ける神経節細胞の変化を記載し，その後の動物実験及び剖検所見より大脳及び延髄に於ける「グリアレアクチオン」，「グリヤラーゼ」神経節細胞の変性，空胞形成及び細胞核の破壊，脳動脈の狭小，脳静脈の怒張，脳圧上昇等を認め，1908年 Spitzka, Radasch は米国に於ける電気死刑受刑者5例（交流 250 V，交流 1,500 V 約1分間）の脳を摘出固定，中枢神経の小出血と神経節細胞の変化を見，1910年 Mott，Schuster は 20,000 V 電気災害死亡例に於て大脳の神経節細胞の「クロマトリーゼ」を記し，1910年 Capogrossi は電撃死剖検例に於て延髄出血と神経細胞の「クロマトリーゼ」を報告，1921年川村は交流電撃死亡例に於て脳皮質の血管損傷，脳実質の出血，血管内容の無構造化，神経節細胞の変化，神経軸素の腫脹を見た．川村は又動物実験に於て大脳に広い出血を認めた．即ち電気災害に於て神経節細胞の変化，出血は屢々見られる所見である．自分の実験に於ても脳に出血せるもの1例，迷路内に小出血を見たものが6例見られたが，之等の出血は実験例中の少数例に限られ例外的な所見であり，実験の主なる変化は前述の聴神経組織に在つた．

翻つて此処に従来の浜野，Porta, Schapurov 等の電気災害による聴器障碍の実験的研究を見るに，浜野（1928）は Röntgen 線発生装置による直流火花放電（50,000 V）を海猴の脊部，後頭部及び耳介に作用せしめて小聴骨，聴神経繊維，神経節及び神経終末装置殊に Corti 器に変化を認めたとし，Porta（1933）は 220 V，400 V，4,000 V の電流を作用せしめた動物の聴器に血管の充満，出血，聴神経「ミエリン」破壊，延髄神経節の萎縮変形，骨折等を見，125 V 電流又は火花を作用せしめた動物は10日後に迷路内に於ける鬱血，出血，沈澱物，感覚終末装置の変化を認めたと記載し，Schapurov（1937）は 125～500 V の交流及び直流を以て実験し，直交流共に迷路出血，Corti 器及び耳石膜の破壊，螺旋神経節の変性を報告したが，これ等記載される所は小田，Wittmaack，南等の実験及び自分の本実験に一貫して見られる電流に特有な所見と凡そ一致せざるものである．

抑々電気工学上の仕事は電圧と電気量と作用時間の積を以て現わされ Jellinek は電気

災害上最も重要なる因子は電圧よりも寧ろ電気量なる可しと主張している．自分の各実験に於ける電圧，電流及び作用時間を比較検討しても，電気災害を来たすには電圧のみならず，之が作用する電気量（電流×作用時間）と相俟つて要因をなす可きは疑いの余地なく，自分の実験に於ては特にこの点に意を用いて，夫々の電圧に於て可及的大なる電気量を与えんとして，それ等の電圧電流に動物が辛うじて耐え得る時間作用せしめ本実験の組織変化を得たものである．然るに従来の浜野，Schapurov 等の実験に於ては電流の強さ，作用時間等の因子は顧慮せられざるものの如く唯電圧のみを記載している．而してその実験の結果として上述の如き所見が電流に因る変化として記されてあるが，元来内耳組織は標本製作に当つて種々なる人工的変化を生じ易く，殊に彼等の実験成績に於て，交流及び直流の別による変化に差異なく且直流実験に於て電極による差異を認めざりし点のみを以てしても，夫等に記載せられた組織的変化が果して与えられたる電流に因るものなりや，将又他の条件に因るものなりやその判定には極めて慎重なるを要する．

以上によつて，自分は電気災害に於ける聴力及び平衡障碍が，従来報告に於て唯漠然と記されていた如く中枢に於ける変化のみによるものではなく，電流の聴神経に対する侵襲によつても来るものであること，而して電気災害直後に見られる聴覚並に平衡障碍は聴神経組織に於ける叙上の変化を本態とするものであること，更に又時に後障碍として現われる聴力障碍は螺旋神経節の荒廃によるものであることを証明し得ると云い得よう．

第6章 結　　論

1) 海猪及び家兎の聴器に低電圧強電流又は高電圧電流を作用せしめると，遮電後或時間静定迷路機能の不均衡と聴反射（海猪）の欠如を来たし，この時期に行える組織的検査は内耳に於ては主として聴神経組織に特異なる変化を示し，又中耳には時に鼓膜穿孔，水泡形成，粘膜腫脹等を示した．

2) 以上の内，中耳に於ける所見は「デイヤテルミー」を以てせる対照実験に見る Joule 熱に由来する変化と区別することは出来なかつたが，聴神経組織に於ける所見は電流実験に特有なるものであり，用いられた電流の直流なりや交流なりやによつて截然たる差異を示した．

3) 直流実験に於ては必発的に螺旋神経節及び前庭神経節細胞，聴斑及び聴櫛神経上皮層に変化を見，之等の陽極側に於て腫脹し陰極側に於て萎縮するを見た．交流実験に於ては前庭神経節及び螺旋神経節に於て節細胞が一部萎縮し一部は膨大して混在するものを認めた．

4) 斯る遮電直後に認められた聴神経組織の変化は翌日以後の標本には証明出来なかつた．この事実は電気災害直後の聴覚及び平衡障碍が多く数日内に恢復する臨床的事実に一致する．

5) 電気災害に於ける後障碍の究明のために行われた海猪実験に於ける中耳，内耳の所見は炎症及びその器質化機転であつて，その原因として Joule 熱による組織傷害を否定し難く，電流による後障害の問題を解明するものとはなし難かつたが，家兎実験14例中の中耳及び内耳に炎症なき2例の螺旋神経節に認められた神経節の荒廃は，電気災害による後障碍として時に見られる聴覚障碍の本態を説明するに足るものと考えられる．

文　　献

1) Bunch : Age Variations in Auditory Acuity. Arch. of Oto. Vol. 9, 625 (1929)

2) Calamida . Über die Wirkung der elektrischen Entartung auf das Gehörorgan. zit. aus Perwitzschky. Arch. ital. Otol. 12, 1(1925)

3) Caliceti : Schädigungen des Gehörapparates

durch elektrische Schläge. Zbl. Hals- usw. Heilk. Bd. 12, 481 (1918)

4) Capogrossi : Contribution à l'étude des caractêres anatomopathologiques de la mort par l'électricité (1910) Arch. intern. méd. lég. I. IV. zit aus Kawamura.

5) Corrado : zit aus Tousey "medical Electricity and Röntgen Ray" sec. Edition. Philadelphia and London (1915) 512.

6) Crowe, Guild u. Polvogt . Observation on the Pathology of High-tone Deafness. Bull. Johns Hopkins Hosp. 54, 315 (1934)

7) Dohlmann : Some physical investigations on galvanic irritation of the labyrinth. Acta Otolaryng. Vol. 9, 54 (1926)

8) Egebald : Elektrische Verletzung des Gehörorgans. Zbl. Hals- usw. Heilk. Bd. 16, 210 (1931)

9) Eschweiler : Starkstromverletzung der akustischen Zentren. Arch. Ohrenheilk. Bd. 96, 115 (1915)

10) Eulenburg Über Nerven-und Geisteskrankheiten nach elektrischen Unfällen. Berl. Klin. Wschr. H. 2, 30, H. 3, 68 (1905)

11) Forschner Hörstörung nach Verletzung durch elektrischen Strom. 63 Jahrg. 1333 (1929)

12) Haarmann : Zur Frage der Ohrschäzigung beim elektrischen Unfall. Hals-N-Ohrenarzt Bd. 28, 49 (1937)

13) 浜野英一：電撃による聽器障害の実験的研究. 京府医大誌. 第2巻B. 1373 (1928)

14) Jellinek, St : Elektrische Verletdungen. Klinik und Histopathologie. Leipzig. 1932.

15) 片岡照夫：高温の聽器に及ぼす影響に関する実験的研究. 京府医大誌. 第3巻A. 101 (1929)

16) Kawamura, I Elektropathologische Histrogie. Virchows Arch Bd. 231, 570 (1921)

17) Klestadt : Über klinisch wichtige Gesichtspunkte bei Fern- bzw. Spätschädigungen des N. VIII durch Starkstrom. Passow-Schaefer Beitr. Bd. 30, 244 (1933)

18) Lasius : Vorübergehende Herz-und Aorten dilatation und Vestibularisstörung bei einem 29 jähr. Elektromonteur, verursacht durch Starkstromunfall von 50000 Volt. med. Klin. 1133, 1929.

19) Magnus : Körperstellung. Berlin 1924.

20) 南德次：電気刺戟に因る聽器障害の実験的研究. 耳鼻臨床. 第24巻, 165, 178 (1930)

21) Moog : Über Vestibularisstörungen nach Starkstromverletzung. Arch. Ohr- usw. Heilk. Bd. 145, 501 (1938)

22) Mott u. Schuster : Examination of the brain of a man who lived 7 hours after recieving a shock of 20000 volts. "Proceedings of the Royal Society of medicine" 1910. zit. aus Kawamura.

23) Nager : zit. aus Perwitzschky. Korresp. bl. Schweiz. Ärzte. Nr. 47 (1919)

24) Nager u. Rüedi Zur Kenntniss des elektrischen Ohrunfalles. Folia II 35, 22 (1931)

25) 小田大吉：電気的刺戟に因る聽器病変. 大日耳鼻. 第33巻, 409 (1927) 第34巻, 1147 (1928) 第35巻, 171 (1929). Pathologische Veränderungen des Gehörorgans, bedingt durch galvanische Reizung. Arb. med. Fak. Okayama Bd. 1, H. 3, 299 (1929)

26) 小田大吉：Observation on the Pathology of Impaired Hearing for Low Tone. Laryngoscope Vol. 48, 765 (1938)

27) Panse Die Schädigung des Nervensystems durch technische Elektrizität. Berlin 1930.

28) Perwitzschky : Über die Schädigunen des Gehör- und Gleichgewichtsorganes durch den elektirschen Starkstrom. Arch. Ohr-usw. Heilk. Bd. 134, 345 (1933)

29) Petzal : Über die Beteiligung des Gehörorgans an den gewerblichen Schädigungen durch Elektrizität. Folia. II. 65 (1931)

30) Porta : Über Labyrinthverletzung durch elektrische Strom. zit. aus Werner. Ot. ecc. ital. 2, 353 (1932)

31) Ranzi, Mayr u. Oberhammer : Über Starkstromverletzung am Schädel. Dtsch. Z. Chir. Bd. 200, 36 (1927)

32) Runge : Über Schädigungen des Cochlearisganglions durch Galvanisation Z. Hals-usw. Heilk. Bd. 2, 304 (1922)

33) Shapurov : Pathologisch-anatomische Veränderungen des inneren Ohres bei Läsionen durch elektrischen Strom. (Russisch). Zbl.

Hals-usw Heilk Bd. 30, 159 (1937)
34) Schmidt: Über Starkstromverletzungen Centbl. Path. Path Anat. Bd. 21, 452 (1910)
35) Spitzka a. Radasch · Observation regarding the Infliction of the death penalty by electricity. zit aus Panse (1908)
36) 田中文男：「サルチル酸」又は「キニーネ」の聽神経に及ぼす影響に就ての実験的研究．岡山医会誌．第394号，633 (1922)
37) 登坂 清：薬剤中毒に因る聽器障碍に関する実験的研究．大日耳鼻．第46巻，1914 (1940)
38) Voss · Berufs- (gewerbe-) Krankheiten des Gehörorgans. Passow-Schaefers Beitr Bd. 14, 145 (1920)
39) 脇田政孝：電気刺戟に因する聽器の病理実験的研究．耳鼻臨床．第14巻，9 (1921) 第15巻，301 (1922)
40) Werner: Das Labyrinth. Leipzig. 1940.
41) Wittmaak . Über den Touns der Sinnesendstellen des Innenohres. Arch. Ohr-usw. Heilk. Bd. 120, 256 (1929)

附 図 説 明

第1図 第132号海猪（DC 100 Volt 250 MA を2分間作用せしめたる直後に生体固定）陽極側螺旋神経節．「チオニン」染色．ツアイス 7×90, 30cm. 細胞体腫脹．

第2図 同上 海猪陰極側螺旋神経節．「チオニン」染色．ツアイス 7×90, 30cm. 細胞体萎縮．

第3図 第73号海猪（DC 70,000 Volt 100 MAを20秒間作用せしめたる直後に生体固定）陽極側蝸牛殼第1回転．「ヘマトキシリン，エオヂン」染色．ツアイス 5×10, 36cm.

第4図 同上 海猪陰極側蝸牛殼第1回転．「ヘマトキシリン，エオヂン」染色．ツアイス5×10, 36cm.

第5図 第104号海猪（AC45,000 Volt を1分間作用せしめたる直後に生体固定）前庭神経節．「チオニン」染色．ツアイス 7×90, 30cm. 腫張したる節細胞と萎縮したる節細胞とが混在す．

第6図 第28号家兎（DC 110,000 Volt 4MA を20分作用せしめたる後，60日間飼育せしめて生体固定）陽極側蝸牛殼第1回転．「ヘマトキシリン，エオヂン」染色．ツアイス 5×10, 25cm. 螺旋神経節は節細胞荒廢せり．

第7図 同上 螺旋神経節拡大．ツアイス 10×10, 36cm.

Department of Oto-Rhino-Laryngology, Okayama University Medical School.
(Director : Prof. Dr. S. Takahara)

Experimental Study on the Auditory Disorder due to Electric Disaster.

By

Masuo Uetsuka

There has been certain basic investigations taken on the auditory disorders caused by weak electric current, by such scholars as Runge, Oda and Wittmaack ; but little has been done toward the experimental study on the same caused by electric disaster.

A) Employing guinea-pigs, I applied.

D. C. 100V. 100 M. A. —250 M. A. from 30 seconds to 10 minutes.

D. C. 70. 000—110. 000V. 4 M. A. — 100M. A. 10 seconds to 10 minutes.

A. C. 110V. 250 M. A. 2 minutes.

A. C. 220V. 450 M. A. from 20 seconds to 30 seconds.

on their auditory organ, and these guinea-pigs were killed immediately after the experiment for vital fixation.

1) D. C. Experiment.

Cells of spiralganglion and vestibularganglion, maculae acusticae, as well as crista have appeared to have been swollen on anode, while on cathode, they looked in a state of shrinkage.

2) A. C. Experiment.

In the cells of spiralganglion and vestibularganglion, one part of them showed swelling while the other part showed a shrinkage and these opposite findings existed in mixed form.

B) In order to know the influence of Joule's heat produced by this experiment, I have conducted a heated test using "diathermy" without catching any such histological changes mentioned above.

C) Having fed a guinea-pig that has undergone these electroshock for a long time and pursuing its histoloigcal changes, could discover otitis media in all cases ; while labyrinthitis in 2/3 cases. As to one third cases where labyrinthitis could not be detected, no change happened to their maculae acusticae, crista, or cells of vestibular-ganglion.

D) Next, a test has been performed using rabbit.

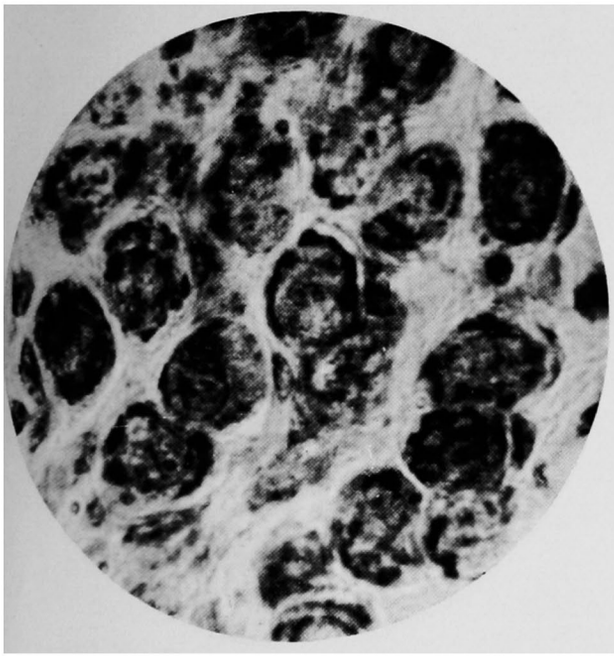
D. C. 100V. 400 M. A. 20 seconds — 40 seconds.

D. C. 110. 000V. 4 M. A. 10 minutes —40 minutes.

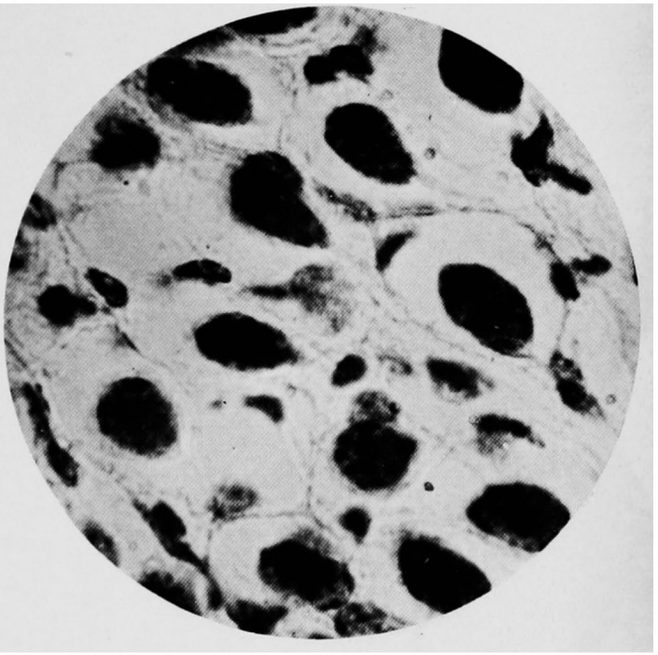
The histological changes seen in those cases which have suffered vital fixation immediately after the experiment, have proved as the same with those observed in guinea-pig test. A devastation of cells of spiral ganglion on anode was noticed in a rabbit that underwent a vital fixation 60 days after having been administered D. C. 110. 000V. 4 M. A.

上 塚 論 文 附 図

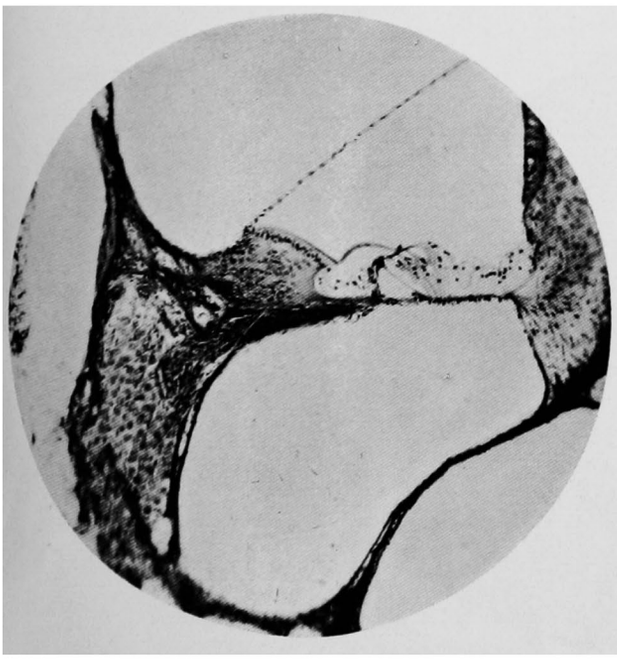
第 1 図



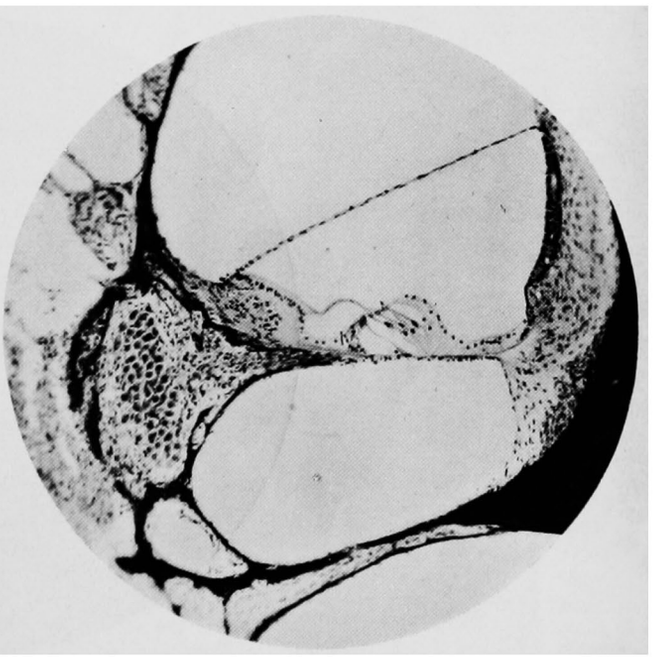
第 2 図



第 3 図

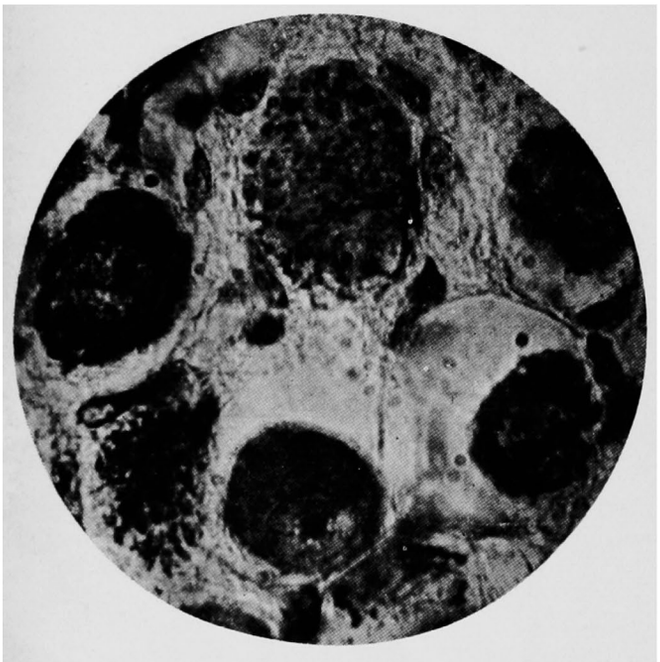


第 4 図

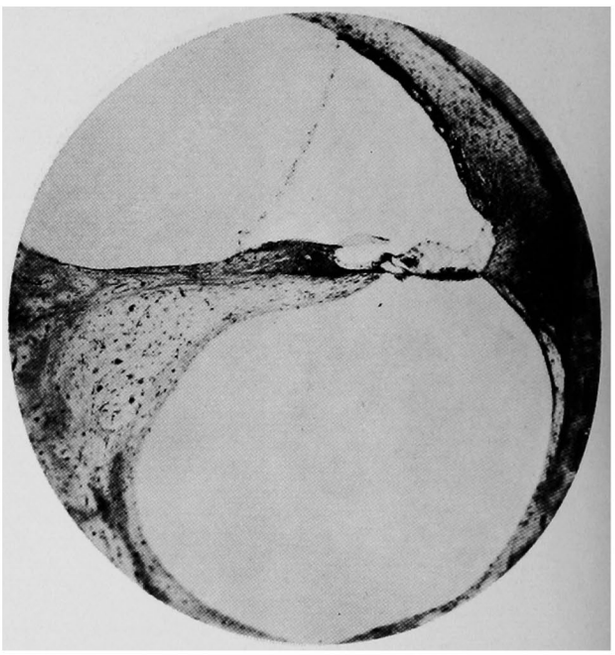


上塚論文附図

第 5 図



第 6 図



第 7 図