

電流作用の迷路に於ける侵襲部位決定に関する 生理学的実験

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〕

緒 言

電気の静定迷路に対する影響は主として眼球震盪に関して観察せられ、耳石器官が之によつて影響せられるや否やに関しては Breuer (1874) が弱電流を用いて試獣の頭部皮膚表面より刺戟し眼球震盪の発現する事実より恐らくこの場合は楕円嚢又は正円嚢を刺戟するものと想像し、diffuse Reaktion と名付けたるに始まる。Breuer の発表以来幾多の生理学者によつて電流性眼球震盪及び顛倒作用が研究され、これ等電流性反応は迷路或は前庭神経の刺戟に因るものと解釈されたが耳石器官が刺戟せらるるや否やに関しては明確なる見解の記載を欠く。然るに小田 (1927~1929) は電流による聴器の組織的変化を研究するに当り眼球震盪、体位、眼球の位置、迷路性向位反射、迷路性代償性眼運動らを観察して眼球震盪のみならず眼球偏位、迷路性向位反射及び代償性眼球運動等位置反射も明かに影響せらるるを認め、又組織的にも前庭神経節の全般にわたり神経節細胞の変化を見、前庭神経終末装置に於ても単に聴櫛のみならず聴斑神経上皮層にも明かなる電流の影響による所見(陽極側に於ては腫脹、陰極側に於ては萎縮)あるを認めた。この聴斑に於る組織的所見は其後 Wittmaack (1929)、南 (1930) の電流性聴器変化の実験に於ても小田と同一の成績を得、自分も亦電気災害による聴器の組織学的変化を検し、直流電気にて聴器を刺戟すれば電圧の高低に拘らず (110,000~100 V, 4MA~250MA) 聴斑に於ける組織像は常に小田の成績に一致する結果を得た。即ち小田、Wittmaack、南及び自分

の組織学的研究により、電流作用が内耳の聴斑に作用する事は明白なる事実なるも、自分は更にこれを生理学的実験によつて果して電流の耳石器官に対する作用を証し得るやを知らんとして本実験に着手した。即ち聴器に電流を作用せしむる際一定の強さに達すれば極によつてその方向を異にする。眼球震盪及び顛倒等の半規管症状を呈するは周知の事実である。而してその際の電流の聴器刺戟の機序に関しては見解の一致をみない点があり、Brünnings は内淋巴液の Kataphorese を以て説明せんとするも Marx 等は迷路を破壊せし動物に於ても電流により反応を来たす点よりして Kataphorese による説明を否定し、前庭神経の Elektrotonus によつて説明せんとしている。小田は直流を聴器に作用せしむる際眼球震盪は陰極側に向い(陽極側から云えば反対側に)電流を遮断せる直後に於ては直に眼球震盪の方向を転ずる事実は前庭神経の Elektrotonus を以て説明する可きものと推論せり。果して然らば両側聴器に同一電氣量の同極を置き背部に大なる非分別電極を置き、眼球震盪を発来す可き強さの電流を同時に両耳に作用せしめつゝ代償性眼球運動を観察せば、陽極を用うれば Anelektrotonus により両側前庭迷路又は神経の緊張の低下によりて耳石反射たる (Magnus) 代償性眼球運動も減弱す可く、陰極を用うれば Katelektrotonus によりて迷路或は前庭神経の緊張の亢進により代償性眼球運動は活潑なる可し。斯くして同極等量の電氣量を両耳に与えつゝ、耳石膜反射たる代償性眼球変位を追及すれば、電流の耳石器官に対する純粋なる影響を観察し得べしとの見解の下に本実験に着手せり。

実験材料並に方法

試獣には鼓膜に異状なく前庭機能正常なる体重2kg前後の成熟家兎を用いた。家兎は自動的眼球運動を営む事少なく且代償性眼球運動を見る事が容易である。先ず予め一侧の聴器に電流を作用せしむれば1MAにして眼球の偏位（陽極刺戟により眼球は下方に偏位）をみ、更に電流の強さを増せば2MA乃至3MAにいたり眼球震盪（陽極刺戟側は前上方即ち陰極側に向う）の発現をみる。この眼球偏位乃至眼球震盪を発現する程度と同極等量の電流を両側の聴器におき、脊部に非分別電極をおいて作用せしめ、この操作によりて眼球偏位又は眼球震盪をおこさざるをみとめたる後、この動物に対する代償性眼球運動を活動写真機にて撮影し、その影響を観察した。

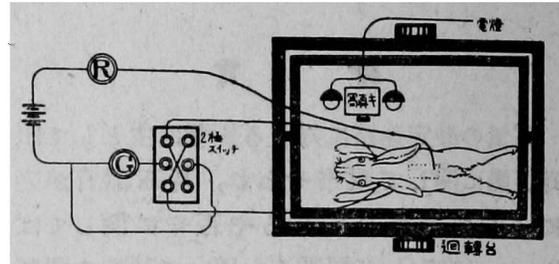
即ち一群の家兎には生理的食塩水に浸潤した綿花栓を両側外聴道に深く挿入し、該部に白金製電極を置いた。又他の一群の家兎では両側耳翼及び鼓膜を除去し、更に中耳骨壁及び之に附着せる筋肉を除去して容易に正円窓を窺い得る様になし、正円窓へ生理的食塩水に浸した綿花を貼し該部に軽く白金製電極を附着せしめた。此等の試獣の脊部を切開しその皮下腔に大なる真鍮板製非分別電極（3cm×5cm）を置いた。

代償性眼球運動の観察に当つては又試獣の右眼に塩酸「コカイン」点眼後、角膜の中央部に十字形の烙印を附し、鋼鉄針製開瞼器にて眼瞼を開大せしめた。

かかる操作を施した家兎を Hoeve und de Kleyn の回転台上に固定し、地上に対する頭位を種々変化せしめてその眼球の偏位を写真機にて撮影した（詳細は Magnus, Körperstellung, 1924, 147. に譲る）。尚日光の有無に拘らず露出時間を一定して室内撮影をするために、自分は Hoeve und de Kleyn の回転台に改良を加え小型マツダ写真電球（100V, 250W）を二個附属せしめた。又試獣の自発的運動を防ぐため頭部四肢を固定する以外に軀幹を布片にて固定板上に固く緊縛した。

電源は屋井乾電池を用い、第1図の如く路中に抵抗、試獣、電流計、二極「スイッチ」を挿入した。二極「スイッチ」により両耳に同極等量の電流が作用するのを確かめた後、本実験を施行した。尚実験中にも絶えず両耳に等量の電氣量が作用するやを確かめた。

第 1 図



R は加減抵抗器 G は電流計

写真機は Attachment sept を附したる活動写真機（F3.5）を用い角膜と「レンズ」との距離を27cmとした。「フィルム」は「サクラントゲン間接撮影フィルム」を使用した。回転方法は Hoeve und de Kleyn に従い三種類施行した。

1) 第一種回転。試獣は腹位に固定し口裂を水平となし、試獣を両側頭軸に回転す。回転の方向は頭部を下方に尾部を上方に回転す。

2) 第二種回転。試獣は腹位に固定し、口裂を水平となし、試獣を頭尾軸に回転す。回転の方向は観察眼を下方に回転す。

3) 第三種回転。試獣は側位に固定し、観察眼を上方、口裂を垂直となす。回転の方向は口部を下方に回転す。

以上の各種回転は何れも15°毎に分割して撮影し、360°の回転により25枚の角膜像を得た。三種類の回転によつて1頭の家兎より75枚の角膜像を得た。

かくして得られた「フィルム」は写真引伸機によつて五倍に引伸し、予め試獣の眼前に固定した標準枠との位置的關係より、地上位に対する各体位の眼球偏位（輪転Raddrehung, 垂直偏位Vestikalabweichung）を計算し、両耳に電流を通ぜざる場合（即ち生理的代償性眼球偏位）と両耳に同極等量の電流を作用せ

しめたる場合とを比較検討した。

実験成績

30頭の家兎を実験に供したが種々なる失敗を重ね、僅か4頭の家兎(第41号家兎, 第64号家兎, 第10号家兎, 第6号家兎)に就てのみ生理的代償性眼球偏位と電流の作用下に於ける代償性眼球偏位を完全に撮影し得たのでその成績を茲に述べる。

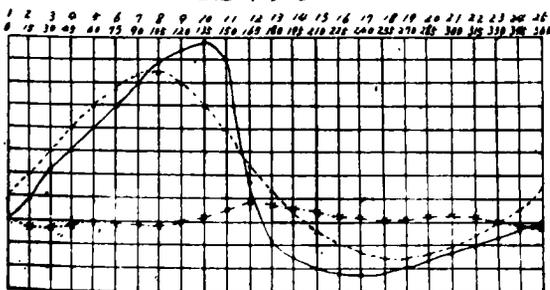
之等実験中に共通なる点は、両耳に同極等量の電流を作用せしめたる場合は電流を作用せしめざる場合(生理的なる場合)よりも眼球の位置の不安定なる事であつて、前者の場合には回転台の回転を極めて徐々に行い一分割たる15°回転するにも約10秒を要したが、尚眼球は不安定に振動した(眼球震盪の如く方向、振幅、頻度の一定するものに非ず)。即ち所定の位置に回転台を固定してより眼球の不安定なる振動の止るを待ち、眼球が一定位となりたる後(時には数十秒を要す)写真機により眼球を撮影した。かくの如き眼球位置の不安定性は生理的代償性眼球偏位実験に際しては殆んど見られざる所である。

第41号家兎, 第64号家兎, 第10号家兎及び第6号家兎によつて得られた生理的代償性眼球偏位像を Hove und de Kleyn に従い表示すると、輪転及び垂直偏位の曲線は各家兎共に相似しその平均値による輪転曲線(第2図)、垂直偏位曲線(第3図)は Hove und de Kleynの成績と殆んど一致しているのを知る。

以下各試獣に就て電流作用下に於ける代償性眼球偏位図を製作し、生理的規準たる第2図, 第3図と比較検討した。

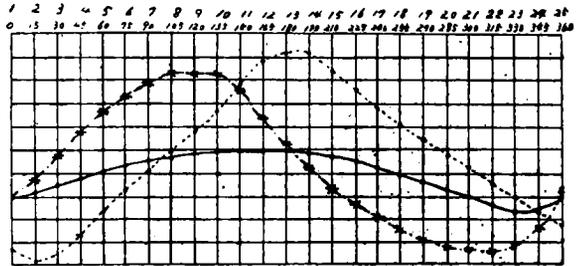
第2図 生理的輪転曲線

—第一種回転 -x---x-第二種回転第三種回転 水平軸の目盛は15°を示し、垂直軸の目盛は10°に相当し、曲線の上昇は上極が後方に、下降は上極が前方に向うことを意味する



第3図 生理的垂直偏位曲線

—第一種回転-x---x-第二種回転.....第三種回転 水平軸の目盛は15°を示し、垂直軸の目盛の上昇は眼球の上方転位を比較量的に表わし、目盛の下降は眼球の下方転位を比較量的に表わす



第41号家兎
(電気刺戟)

- 1) 両側正円窓を露出し、該部に2MAずつ陽極刺戟を与う。
 - 2) 両側正円窓に2MAずつ陰極刺戟を与う。
- (成績)

1)の両側正円窓に陽極刺戟を与えたる場合に於ける代償性眼球偏位の輪転並に垂直偏位曲線は規準曲線たる第2図並に第3図と相似し、2)の陰極刺戟の場合の曲線とも相似す。

第64号家兎
(電気刺戟)

- 1) 両側外聴道に2MAずつ陽極刺戟を与う。
- (成績)

この場合の輪転並に垂直偏位曲線は規準曲線に相似す。

第10号家兎
(電気刺戟)

- 1) 両側外聴道に1MAずつ陽極刺戟を与う。
 - 2) 両側外聴道に1MAずつ陰極刺戟を与う。
- (成績)

1)の陽極刺戟を与えたる場合も 2)の陰極刺戟を与えたる場合もその輪転及び垂直偏位曲線は概して規準曲線に相似しているが、これ等の曲線は規準曲線よりも軽微なる動揺が認められた。即ち眼球の位置の不安定なるを示す。

第6号家兎
(電気刺戟)

- 1) 両側外聴道に1MAずつ陽極刺戟を与う。
- (成績)

この場合の輪転並に垂直偏位曲線は規準曲線に相似す。

以上4例の家兎実験の成績を顧ると、両耳に同極等量の電流を作用せしめたる場合の代償性眼球偏位は生理的代償性眼球偏位に相似し、且電流による影響ことに Anelektrotonus 及び Katelektrotonus の存在と解す可き現象を認められなかつた。即ちこの実験によつては耳石器官に対して電流の影響の有無を決定す可き成績を得なかつた。之は電流の迷路に対する作用を Elektrotonus をもつて説明す

る事の妥当に非ざるものなるを示すものであるか否かはこの実験のみを以ては決定し難いが、かゝる実験が陰性に終つた事も一つの成績であると考えて此処に記載しておきたいと考える。予期に反して陰性の成績に終つたがその実験方法に於いて注意すべきものありと考へ、敢て本文を發表する次第である。

文 献

- 1) Ritter, Purkinje : zit. aus Buchanan, Ladd; The galvanic reaktion in guinea pigs. Arch of Oto. Vol. 29 (1939)
- 2) Hitzig, Breuer zit aus Handb. d. Neurologie d. Ohres Bd. 1 (1923)
- 3) Breuer Neue Versuche an den Ohrbogen-gängen. Pflügers Arch Bd. 44 (1889)
- 4) Spamer Experim. u. Klinische Beiträge z. Physiologie d. halbkreisförmkanäle. Pflügers Arch. Bd. 21 (1880)
- 5) Ewald : Physiolog. Untersuch. üb. d. Endorgan d. N. octav. Wiesbaden. 1892.
- 6) Babinski zit aus Buchanan, Ladd.
- 7) Kubo : Üb. d. v. N. acusticus ausgelöste Augenbewegung. Pflügers Arch. Bd. 64 (1906)
- 8) Bárány Untersuch. üb. d. vom Vestibularapparat d. Ohres reflekt. ausgelösten rhythmischen Nystagmus. Monatschr. f. Ohrenheilk Bd. 40 (1906)
- 9) Brünnings · Üb. neue Gesichtspunkte in d. Diagnostik d. Bogengangsapparates. Verhandlung d. oto. Gesellschaft 1910.
- 10) Blau · Experim. Untersuch. üb. d. galvan. Nystagmus. Zeitschr. f. Ohrenheilk. Bd. 79 (1919)
- 11) 石原亮 · 前庭器の電気刺激に因て起る家兎の眼反応に就て. 福岡医大誌. 第13巻 (1920)
- 12) Huijinga: Untersuch. üb. d. galvan. Reaktion d. Vestibularapparates bei d. Taube. Pflügers Arch 224 (1930)
- 13) Northington and Barrera Induced nystagmus in monkeys following peripheral vestibular lesion etc. Laryngoscope 47 (1937)
- 14) Marx : Experim. Studien üb. d. galvan. Nystagmus. Verhandlung d. oto. Gesellschaft 1911. Üb. d. galvan. Nystagmus. Zeitschr. f. Ohrenheilk. Bd. 63 (1911)
- 15) Uffenorde . Experim. Prüfung d. Erregungsvorgänge im Vestibularapparate u. s. w. Passow-Schäfers Beitr. Bd. 5 (1912)
- 16) Dohlmann · Experim. Untersuch. üb. d. galvan. Vestibularis Reaktion. Acta otolaryng. (supp) 8. (1929)
- 17) Steinhausen : Üb. die Beobachtung der Cupula in den Bogengangampullen des Labyrinth des lebenden Hechtes des Labyrinth des lebenden Hechtes Pflügers Arch 232 (1933)
- 18) Neumann : Monatschr. f. Ohrenheilk. 41 (1907)
- 19) Ruttin : Verhandlungen d. oto. Gesellschaft 1909.
- 20) Bárány Zentralbl. f. Ohrenheilk. Bd. 8 (1909)
- 21) 脇田正孝 · 電気刺激に因する聴器の病理実験的研究. 耳鼻臨床. 第14巻 (1921)
- 22) Runge . Üb. Schädigungen d. Cochlearisganglions durch Galvanisation. Zeitschr Hals usw Heilk. Bd. 2 (1922)
- 23) 小田大吉 : Pathologische Veränderungen d. Gehörorgans, bedingt durch galvan. Reizung. Arb. med. Fak. Okayama Bd. 1, H. 3, 299 (1929)
- 24) 上塚萬壽男 · 電気災害に因る聴器病変に関する実験的研究. 追て原著として発表の予定.
- 25) Magnus: Körperstellung. Berlin. 1924.

Department of Oto-Rhino-Laryngology, Okayama University Medical School.

(Director : Prof. Dr. S. Takahara)

**Physiological Experimental Study on Localization of Labyrinth
to be Affected by the Electric Current.**

By

Masuo Uetsuka

As to the shock caused by the electric current toward the ear, it has been clarified, by Oda, Wittmaack, Minami as well as myself, that there appear certain different histological changes on maculae acustica at either anode or cathode. From this, one could imagine that positive as well as negative electric current give certain stimulus quite contradictory toward maculae acustica. Then, if certain electric stimulus of same pole and same intensity are administered to both the ears simultaneously, one might surmise that certain utterly different stimulus (control or excite) would be given on both maculae acustica, under either positive or negative current. If any rotatory stimulus is added (which is a pure stimulus for the maculae acustica), it may be supposed that pictures contrary to each other might appear in its compensatory eye deviation, according to the kind of current which is either positive or negative.

Having activated 2 M. A. same pole current on a rabbit's both ears (laying indifferent electrode on the back) I fixed it on the rotatory table invented by Hoeve and de Kleyn and photographed rotatory eye deviation. Unluckily, in my experiment, I failed to recognize any difference in the eye deviation between positive or negative current. However, as I thought the method to be interesting, I have recorded it duly.
