NONCONDITIONED GSR TO AUDITORY STIMULI AND ITS APPLICATION TO AUDIOMETRY

By

MASAOMI SHIMODAIRA

From the Department of Otolaryngology, Faculty of Medicine, Shinshu University, Matsumoto (Director: Prof. T. Suzuki)

The appearance of nonconditioned GSR to pure tone stimuli and its evaluation to the practical application in objective audiometry was studied. Endosomatic method was used for measuring the GSR, and all responses were recorded graphically.

The results were as follows.:

1. Galvanic adaptation to repeated pure tone stimuli took place rapidly.

a) As auditory stimuli, 1000cps pure tone at 80db were presented. Among three groups of which time interval of stimuli were 20sec., 40sec., and 1 minut. respectively, it seemed that galvanic adaptation tended to appear more slowly as time interval became longer, however, there was no statistically significant correlation.

b) As auditory stimuli, 1000cps pure tone were presented at 20sec. interval of stimuli. Among four groups of which intensity of stimuli were 10~20db, 30~40db, 50~60db and 80db respectively, a relationship was not established between the rapidity of galvanic adaptation and the intensity of stimuli.

2. Nonconditioned GSR to pure tones was very unstable and different individually, however, if a subject concentrated his attention on the test tone, his GSR became stable, and its threshold value obtained with GSR was markedly lowered.

Subjects were previously instructed to count the number of times that he could hear test tone, in order to concentrate his attention on test stimuli.

3. Threshold determination with GSR audiometry were performed on 71 subjects by means of the method mentioned above.

As test tones, 500cps, 1000cps, 2000cps, and 4000 cps pure tones were used in 10db step ascending method. GSR audiometry proved possible for 59 cases out of 71 subjects, and 90% of the threshold value of obtained with GSR audiometry was distributed within ± 10 db with those obtained in standard audiometry.

4. This audiometric method was difficult to apply in the measurement of hearing acuity of young children under 4 years of age.

音刺激による無条件皮膚電気反応* (nonconditioned GSR)とその聴力測定への応用

信州大学医学部耳鼻咽喉科学教室 (主任: 鈴木篤郎教授)

下 平 正 臣
シモ ダイラ マサ オミ

第1章 序 言

音刺激が皮膚電気反応 Galvanic skin response (以下 GSR と略記する) を誘発する好適な刺激の1つである事は, Féré¹⁰⁾, Tarchanoff³⁷⁾ の研究以来よく知られ

ている事実であつて, この現象を他覚的聴力測定に応用せんとする試みは古くからなされてきた。しかしながら, 純音は GSR を発現せしめるには刺激効果に乏しく, 閾値附近の強さでは反応を起し難い事が多く, 且反復して与える時は早期に順応を生じ, 比較的強大な純音刺激に対しても反応の急激な減衰, 消失をきたして, 測

* 聴器機能検査法研究 第37報

定は不能となる等の欠点を有する。従つて音刺激により直接出現する GSR (無条件反応) を指標とする聴力測定即ち simple or nonconditioned GSR audiometry を純音聴力閾値の測定に利用する事は殆ど不能と見做されてきた。

nonconditioned GSR audiometry におけるこのような障碍を打破する方法として、1949 年来 Bordley, Hardy 等は GSR を指標とし、純音を条件刺激、電気刺激を無条件刺激とする条件反射を利用した測定方法 (conditioned GSR audiometry) を用いて聴力測定を試み、優れた成績を発表した^{3) 4) 15) 16)}。以来この方法による多数の追試が行われ、現在 GSR audiometry と云えばこの conditioned GSR audiometry を指すかの感がある。

しかし 1948 年 Doerfler⁸⁾ は nonconditioned GSR audiometry により、自覚閾値と殆ど差のないオーディオグラムを作る事に成功した旨発表した。彼の報告は唯 1 例についての成績であるが、測定に当つては簡単な装置を用いて被検者の注意力を音刺激に集中させる事により、純音に対する GSR の不安定性、順応を克服したと述べ、被検者の精神的緊張の調整のいかに本法による測定成績に大きな影響を与える事を示唆した。

私は純音刺激に対する GSR の発現状態を種々なる条件の下に観察し、無条件反応として現われる GSR が他覚的聴力測定法として利用できるか否かを検討すべく下記の実験を行った。

第 2 章 実験計画

I. 刺激音の反復呈示に対する順応の現われ方

- A. 純音刺激間隔の長短と順応 (1000cps, 80db)
 - (1) 刺激間隔 20 秒
 - (2) 刺激間隔 40 秒
 - (3) 刺激間隔 1 分
- B. 複合音の反復と順応 (牛の鳴声の擬音, 80db, 間隔 20 秒)
- C. 音刺激の強さと順応 (1000cps, 間隔 20 秒, 刺激時間約 1 秒)
 - (1) 閾値上 10~20db
 - (2) 閾値上 30~40db
 - (3) 閾値上 50~60db
- D. 同 1 例に対して A-(1) の検査を経口的 (3 日間隔で 4 回) に繰返した場合の反応の消長

II. 音刺激に対する被検者の精神的負荷の有無と反応閾値 (1000cps 純音, 10db step 上昇法)

A. 被検者に負荷を与えた場合 (聴えた音を数えさせる)

B. 負荷を与えない場合 (無作為に音をきかせる)

III. GSR 聴力測定 (nonconditioned GSR audiometry)

A. 成人正常聴力例

B. 成人難聴例

C. 小児正常聴力例

D. 小児高度難聴例

第 3 章 実験方法

I. 実験室

測定は全て電磁的にシールドされた防音室で行つた。GSR 増幅器、記録器、オーディオメーター等の装置は隣接する部屋に置かれ、両室間の連絡、応答のためにインターフォンが、又防音室内の観察のために両室間の隔壁に小硝子窓が設けられてある。更に防音室には寒冷期でも室温を 20°C 以上に保つために暖房器を備えた。

II. GSR 増幅器及び記録器

GSR は三栄測器製 MPA-203 型万能記録器を用いて電位法で測定し、反応は全て記録紙上に記録した。本装置は前置増幅器、主増幅器及びペン書き記録器よりなり、前置増幅器は双極誘導による差動増幅方式を、主増幅器は直流増幅方式を採っている。前置増幅器の時定数は 3 秒とし、増幅度は入力電圧 1mV に対して記録器のペンの振れがほぼ 2mm となるよう調節し、記録紙の送りの速さは 1cm/sec とした。

III. 誘導電極

GSR 誘導電極は手掌に、不関電極は前膊の手関節に近い手掌側に固定した。両者共に銀製で、前者は直径 2cm の円板、後者は 5cm×3cm (小児では 2cm×2.5cm) の方形である。電極糊は用いず、極板をガーゼで

第 1 図 電極の装着

覆い、これに高濃度食塩水を浸して使用した。電極の固定には手掌部は金属性の固定器を、前膊部はゴムバンドを使用し、電極の装置前に局所を充分アルコール綿にて清拭した (図 1)。

IV. 音 源

音源としては純音及び複合音を使用した。前者としては Yoshinox 49-B オージオメーターを用い、イヤホンを介して音を与えた。後者には牛の擬音を使用し、擬音笛より録音テープに録音したものを減衰器を通じて閾値上 80db の強さで与えた。なおこれ等の音刺激が被検者に与えられると同時に記録紙上に刺激時間が記録されるようにした。

V. 実験材料

実験の対象は医学部の学生、看護学校の生徒並びに当科の患者の中より選び、総計 197 例に対して上述の計画に従って測定した。小児群を除いて、その年齢層は 13 才から 46 才に亘るが、15 才～25 才の者が 61% を占める。実験 I 及び実験 II の被検例の中 I-C 群と II-A, B 群に若干の難聴者が含まれるが、残りは全て正常聴力者である。実験 III-D の高度難聴児は、松本市内の聾学校の低学年児童の中から、前年度に行つた聴力検査の成績や担任教師の意見を参考にして、残聴の比較的著明な者を選んだ。

VI. 測定時の一般的注意事項

検査に際しては、被検者は椅子に坐らせ、両手を前の卓子の上に置かせ、実験中はなるべく手足や体を動かさ

ぬように注意を与えた (図 2)。測定に臨んで大切な事は、被検者の精神的安定を得る事である。被検者が不安や疑惧の念を抱いていると自発性反応が頻発し、記録紙上の基線が安定するのに時間を要する事があり、特に小児ではこの傾向が強い。故に予めこの検査についてなん等の心配もない事を被検者に充分納得させ、実験の途中で必要に応じて附添人や同室の助手を通じて同様の旨の説得を行い、なるべく短時間の中に検査を終了しなければならない。しかしながら種々の手段を講じても基線の安定しない例もあり、これは実験対象より除外した。

VII. 測定方法

検査は全て 1 例 1 耳について行い、GSR 測定後直ちに自覚的閾値を測定した。

実験 I 群では最大刺激回数を 10 回とし、仮令早期に反応が消失しても更に 2, 3 回音刺激を繰返し与えて反応出現の有無を確めた。又測定に入る前に予め刺激音を聞かせる事はせず、たと「よく耳をすまして聴くように」とのみ教示した。同一実験を繰返した I-D 群では実験環境、実験時刻等を一定にするよう努めた。

実験 II 群では音刺激は閾値下と思われる強さより 10 db step 上昇法で与え、刺激持続時間はほど 1 秒、間隔は 20 秒乃至 40 秒とした。II-A 群に対しては、予め 2, 3 種類の純音を短時間に次々聞かせ、「この種の音が間隔をおいて段々強く聞えてくるから、何回聴えたか数えて検者に報らせるように」と教え、反応が現われ始めてからも更に 20～30db 強い点まで音刺激を与えて、反応出現の状態を観察した。II-B 群に対しては予め何の教示も与えず 80db の強さまで刺激音を聞かせた。又 GSR 測定後行つた自覚閾値の測定も 10db step 上昇法によつた。

III 群の被検者に対しては II-A 群におけると同様の指示を与え、同様の方法で測定した。1000cps, 2000cps, 4000cps, 500cps の順に反応閾値を測定したが、1 音の検査を終り次音の検査に入る前に適宜休息をとり、その間に上記の教示を繰返して与えた。

VIII. 判定基準

記録紙上に得られた反応曲線が与えられた音刺激によるものか否かの判定は潜伏時間及び波形の 2 つによつた。潜伏時間は気温による変動も考慮して 1 秒以上 3 秒以内のものを採り、波形については、電位法で測定した故単相陰性から 2, 3 相の多相性に亘る波形が見られたが、近藤¹⁹⁾、横田⁴¹⁾、高木³⁸⁾等の成績並びに高橋³⁹⁾による波形の分類を参考にした。又所謂 (±) と思われ

第 2 図 測定時の姿勢

5反応は総て捨て、確実に (+) のもののみを採った。

私の行った実験では電極間の抵抗 (resistance level) は大多数が 40KΩ 以内であつたが、例外的に 60KΩ～100KΩ 以上の値を示す例があり、このような例は強大な音刺激に対しても殆ど反応を示さぬ故、実験対象より除外した。

第4章 実験成績

I. 刺激音の反復呈示に対する順応の現われ方

実験 I において、同一刺激の繰返しに対する反応の発見状態を見ると、刺激条件によつて差はあるが、一般に初回刺激による反応が最も著明で、刺激が重なるに従つて急速に順応を示して反応は漸減し、遂には全く消失した。この傾向は純音を用いた時は特に顯著で、初回刺激のみに反応し、その後は全く反応しない例も少なくなく、更に少数ながら始めから全く反応しない例もあつた。以下実験項目に従つて成績を述べる。

A. 純音刺激間隔の長短と順応

被検者を3群に分ち、1000cps 80db の純音をそれぞれ 20 秒 (30 例)、40 秒 (11 例)、1 分 (12 例) の間隔で反応の回数を見た。その成績は表 1 に示す如く、無反応例は 20 秒群に 2 例あつたのみで、3 群の合計 53 例中 51 例 (96.3%) が少なくとも初回刺激には反応した。平均反応回数は表に見る如く刺激間隔が長い群程多くなつた傾向が覗えるが、推計学的には有意差はなかつた。

第1表 実験 I-A

刺激間隔と反応回数 (刺激音 1000cps 純音, 80db)

刺激間隔 反応回数	20 秒	40 秒	1 分
0 回	2例	0例	0例
1	9	2	0
2	7	4	3
3	3	1	1
4	2	1	6
5	2	0	1
6	2	0	1
7	1	1	0
8	1	2	0
9	1	0	0
10	0	0	0
総 例 数	30	11	12
平均 反 応 回 数	2.9回	3.6回	3.7回

第2表 実験 I-B

牛の鳴声 (80db) と 1000cps, 80db 純音に対する反応回数の比較

刺激音 反応回数	牛の鳴声	1000cps 純音
0 回	0例	2例
1	0	9
2	0	7
3	0	3
4	1	2
5	3	2
6	3	2
7	0	1
8	0	1
9	1	1
10	2	0
総 例 数	10	30
平均 反 応 回 数	6.6回	2.9回

B. 複合音の反復と順応

被検例は 10 例で、その成績は表 2 に示した如く、全例が 4 回以上反応した。これに対して 1000cps 純音を同一条件 (80db, 間隔 20 秒) で与えた A-(1) 群では 4 回以上反応したものは 30 例中 11 例に過ぎず、平均反応回数も前者が 6.6 回であるのに対して後者は 2.9 回でありその差は推計学的にも有意であつた。この成績は擬音による刺激効果が純音に比して著しく大きい事、即ち純音が刺激効果に乏しい事を示している。

C. 音刺激の強さと順応

被検者を 3 群に分け、各群にそれぞれ 閾値上 10～20 db (12 例)、30～40db (11 例)、50～60db (11 例) の強さの音を与えて反応回数を見た。その成績は表 3 に示す如く、閾値上 10～20db と云う弱い音刺激に対しても被検例の全てが初回刺激に反応を示した (図 3)。更にこれら 3 群に A-(1) 群 (音刺激の強さ 80db) を加えて音の強さと反応回数の関係を見ると、同表に示すように明確な傾向は認められなかつた。しかし一般に刺激音が弱い程これに対する反応曲線の振幅は小さかつた。

D. 同 1 例に対して A-(1) の検査を経日的に繰返した場合の反応の消長

被検例は 7 例で、成績は表 4 に示した。初めの予想では実験の回が進むにつれて反応回数が漸減すると考えられ、推計学的には確定できなかつたが平均反応回数もそ

第3表 実験Ⅰ-C

音刺激の強さと反応回数 (1000cps 純音)

音刺激の強さ 反応回数	10～20db	30～40db	50～60db	80db
0 回	0例	2例	0例	2例
1	9	3	7	9
2	2	1	3	7
3	1	2	0	3
4	0	2	0	2
5	0	0	0	2
6	0	1	0	2
7	0	0	1	1
8	0	0	0	1
9	0	0	0	1
10	0	0	0	0
総 例 数	12	11	11	30
平均 反 応 回 数	1.3回	2.3回	1.8回	2.9回

第3図 1000cps 純音の反復呈示に対する反応出現の状態、刺激時間約1秒、刺激間隔20秒

第4表 実験Ⅰ-D

同1例に対して1000cps, 80db 純音の反復呈示の実験を3日間隔で4回繰返した時の反応回数の推移

実験回数	第1回	第2回	第3回	第4回
被検例				
No. 1	7回	2回	1回	2回
〃 2	0	0	1	1
〃 3	1	3	2	6
〃 4	8	6	2	2
〃 5	1	6	3	2
〃 6	2	0	1	0
〃 7	4	0	1	0
平均 反 応 回 数	3.3	2.4	1.6	1.9

第5表 実験Ⅱ-A

「検査音の聞えた回数を数えた」時の反応閾値と自覚閾値の差 (GSR 閾値－自覚閾値) 1000cps 純音を使用

閾 値 差	例 数
- 10db	1例
0	5
+ 10	4
+ 20	0
+ 30	1
総 例 数	11
± 10db	10 (90.9%)

第6表 実験Ⅱ-B

検査音について全く教示を与えずに10db step 上昇法で測定した場合の反応の発現状態及び反応閾値と自覚閾値の比較 (1000cps 純音)

＋：反応があつた場合

検査音の強さ 被検例	db -10	0db	10db	20db	30db	40db	50db	60db	70db	80db	G S R 閾 値	自覚閾値	閾 値 差 (GSR －自覚)
No. 1								+	+	+	60db	-10db	70db
〃 2								+	+	+	60	0	60
〃 3								+		+	60	-10	70
〃 4						+	+			+	40	0	40
〃 5							+	+	+	+	50	0	50
〃 6									+	+	70	50	20
〃 7								+	+	+	60	10	50
〃 8				+	+	+		+	+	+	20	10	10
〃 9				+	+	+	+	+	+	+	20	10	10
〃 10				+	+	+	+	+	+	+	20	0	20
〃 11		+									0	-10	10

閾値差が ±10db 以内にあるものは11例中3例, 27.3%

傾向を示している。しかし個々の例について見ると、1例と第4例以外では反応回数に上述の傾向がなく不規則であつた。

II. 音刺激に対する被検者の精神的負荷の有無と反応閾値

被検例は A 群 (負荷を与えた群), B 群 (無負荷の) 共に 11 例である。成績は表 5, 表 6 に示す如く, 検音の聞えた回数を数えさせた A 群では大多数例が自覚閾値上 0~10db で反応が現われ始め, 更に連続的に応が出現するのが認められた。しかし何等の教示も与えない B 群では反応閾値は広く分散し, 又反応は必ずしも連続的に現われない。閾値差 (反応閾値—自覚閾値) 10db 以内にあるものは A 群では 11 例中 10 例を占めるのに対して, B 群では 11 例中 3 例に過ぎなかつた。ち、無作為に上昇法で音刺激を与えた場合の反応閾値自覚閾値と無関係に分散するが, 音刺激に注意力を集めしめるような精神的負荷を被検者に与えた場合は, 覚閾値附近の弱い音刺激に対しても反応は非常に出易なる事を示した。

III. nonconditioned GSR audiometry

成人及び小児の合計 71 例に対して 1 人 1 耳について査を施行した。その中 4 検査音に対して全く反応しないもの及び基線の動揺が激しく測定不能のものが 12 例つた。又検査の途中で、順応や自発性反応の頻発等のために 4 検査音の中 1・2 音の測定が不能となつた例も干あつた。

A. 成人正常聴力例

被検例 29 例中全く反応を示さぬ 6 例を除き, 23 例にして聴力を測定した。その中 1 例は 1000cps のみ測定能であつた。その成績は表 7 に示す如く閾値差 (GSR

第 7 表 実験Ⅲ-A

成人正常群の自・他覚的聴力測定の結果
(閾値差は GSR 閾値—自覚閾値)

周波数 閾値差	500cps	1000cps	2000cps	4000cps
- 10db	0	1	0	0
0	7	12	16	15
+ 10	14	8	6	7
+ 20	1	1	0	1
+ 30	1	0	1	0
総 例 数	23	22	23	23
± 10db	91.3%	95.5%	95.7%	95.7%

閾値—自覚閾値) が ±10db 以内にあるものは 4 音共に 90% 以上を占める。

B. 成人難聴例

被検例 13 例の中検査音に全く反応を示さぬ 1 例を除き, 残りの 12 例に対して測定を行つた。この群の難聴の程度は 4 検査音とも平均約 40db である。12 例中 2000cps のみ測定不能が 1 例, 500cps, 1000cps の測定不能が 1 例, 更に 500cps と 4000cps の測定不能が 1 例あり, 4 音全部測定できたのは 9 例である。その成績は表 8 に示す如く閾値差が ±10db 以内にあるものは 2000cps のみ 81.8% で, 他の 3 音ではいずれも 100% であつた。

C. 小児正常聴力例

被検例 15 例の中測定不能の 3 例を除く 12 例は 4 音全ての測定が可能であつた。この 12 例の年齢は 5 才 1 カ月乃至 9 才 8 カ月で, 平均 7 才 9 カ月である。測定不能の 3 例中全く反応が現われぬ 9 才の 1 例を除いた 2 例は

第 8 表 実験Ⅲ-B

成人難聴群の自・他覚的聴力測定の結果
(閾値差は GSR 閾値—自覚閾値)

周波数 閾値差	500cps	1000cps	2000cps	4000cps
- 10db	0	1	1	1
0	7	7	7	8
+ 10	3	3	1	2
+ 20	0	0	2	0
+ 30	0	0	0	0
総 例 数	10	11	11	11
± 10db	100%	100%	81.8%	100%

第 9 表 実験Ⅲ-C

小児正常群 (平均年齢 7 才 9 カ月) の
自・他覚的聴力測定の結果 (閾値差は
GSR 閾値—自覚閾値)

周波数 閾値差	500cps	1000cps	2000cps	4000cps
- 10db	0	2	0	2
0	7	6	6	4
+ 10	4	2	5	4
+ 20	0	2	1	1
+ 30	1	0	0	1
総 例 数	12	12	12	12
± 10db	91.7%	83.3%	91.7%	83.3%

共に4才台であつて、基線の動揺や自発性反応の出現が著しく、時間をかけて種々手段を尽したが測定不能であつた。検査成績は表9に示す如く、閾値差が $\pm 10\text{db}$ 以内にあるものは500cpsと2000cpsでは91.7%、残りの2音では83.3%であつた。

D. 小児高度難聴例

検査対象として選んだ14例中2例は全く反応を現わさず、12例に対して測定を行つた。その年齢は6才3

ヵ月乃至11才。平均8才6ヵ月である。検査成績は表10, 11に示したが、本検査に用いたオーディオメーターの最高出力は4音とも90dbである故、自覚法又はGSR法の測定に際し、90dbで応答又は反応のない場合は(－)と記した。両法共に測定できた場合の閾値差を見ると、 $\pm 10\text{db}$ 以内にあるものは500cpsと1000cpsでは100%、2000cpsでは88.9%、4000cpsでは87.5%であつた。

第10表 実験Ⅲ-D
高度難聴児群の聴力測定成績

被検例	年齢 年・月	性	被検耳	500cps		1000cps		2000cps		4000cps	
				GSR	S	GSR	S	GSR	S	GSR	S
1	6・5	男	右	80db	80db	70db	70db	60db	80db	50db	70db
2	6・3	女	右	90	90	80	80	80	70	80	70
3	8・0	女	右	80	80	80	80	70	80	70	70
4	7・10	男	右	90	90	(－)	90	(－)	80	(－)	70
5	8・8	女	左	(－)	80	90	80	(－)	90	(－)	90
6	8・3	女	右	90	80	(－)	90	(－)	(－)	(－)	(－)
7	7・10	女	左	70	70	70	70	80	90	70	70
8	10・1	男	右	90	90	(－)	(－)	90	90	80	80
9	10・5	女	左	90	80	(－)	(－)	80	90	80	70
10	9・10	男	左	90	80	80	90	90	90	80	80
11	11・0	男	左	80	70	80	90	90	90	(－)	(－)
12	7・6	女	右	80	70	80	80	80	80	80	80

GSR: GSR閾値 S: 自覚閾値 (－): 90dbで反応又は応答のないもの

第11表 実験Ⅲ-D

高度難聴児群(平均年齢8才6ヵ月)の
自・他覚的聴力測定の成績
(閾値差はGSR閾値－自覚閾値)

閾値差 \ 周波数	500cps	1000cps	2000cps	4000cps
－ 20db	0	0	1	1
－ 10	0	2	3	0
0	6	6	4	4
＋ 10	5	0	1	3
＋ 20	0	0	0	0
総 例 数	11	8	9	8
± 10db	100%	100%	88.9%	87.5%

第5章 考 按

I. GSR について

GSR には皮膚の電気抵抗の変化と電位の変化の2つ

があり、これ等の現象の発見者又は紹介者の名前に因んで、前者をFéréの効果又はVeraguthの効果、後者をTarchanoffの効果と呼び、又測定する立場より前者を通電法又はexosomatic method、後者を電位法又はendosomatic methodとも云う^{26) 30)}。

電位法はその反応が微弱で、測定には複雑な装置を必要とした故、従来GSRの研究の大部分は通電法によつて行われてきた。しかし最近電子工業の発達により高性能で安定な増幅器の製作が容易になり、又記録にもペン書き記録器が用いられて、電位法による測定も一般に広く行われるようになった。

通電法ではその反応曲線は単相性ではあるが、反応量即ち反応曲線の振幅はその時の基抵抗値乃至電流値によつて左右されるので、振幅を単に長さの単位とか電気抵抗におけるオームの単位で表わしても一般性がなく、この反応量の取扱方は未だ未解決であると云われる^{11) 31)}。

電位法では皮膚の電位変動を μV 又は mV 単位で表わすことにより反応量の測定が可能であるが、反応曲線の波形は屢々 2, 3 相性になり、しかもその原因が明確にされておらず、単に振幅の大きさのみで興奮の程度や順位を決定する事ができない。電位法による波形の変化とその要因については、我国においても近藤¹⁹⁾、横田⁴¹⁾、高木³⁶⁾、高橋³⁵⁾等の研究があるが、こゝではこの問題について融れないことにする。

II. nonconditioned GSR audiometry について

心理学あるいは生理学の分野における GSR の研究には、音刺激は古くから使用されてきたが、他覚的聴力測定の立場から本現象を利用しようとした人としては先ず Albrecht¹⁾ (1918) を挙げねばならぬ。彼は刺激音として呬語を用いて通電法により測定を行つた。即ち正常人は 4m の距離で呬語刺激に明確な反応を示し、難聴者では本反応の閾値と自覚閾値がかなり正確に一致する事を明らかにした。又器質性聾は全く反応を示さず、心因性聾は著明な反応を示す事、詐病者では詐病の有無のみならずその聴力の程度もかなり精密に知る事ができたと述べた。van Iterson²⁶⁾ (1920) も器質性聾や機能性聾又は詐病に対する他覚的検査法として本反応を利用し、刺激としては呬語、会話音、ガルトン笛、爆発音を用いた。その結果正常者は 6m の距離で low voice に反応し、詐病者では “I am going to hurt you.” なる呬語で反応を得たと云う。その後 Michels & Randt²⁷⁾ (1947) も器質性聾と心因性聾との鑑別に本法を応用した。検査音には音又及びオージオメーター純音並びに話音を用いて良好な結果を得たが、純音 (1024cps 及び 2048cps) に対しては 50db 以下の強さでは反応が出にくく、明確な反応を得るには 60db 以上の強さが必要であつたと述べている。更に Knapp & Gold²⁰⁾ (1950) も同様な目的に本法を用い、検査音として “Can you hear me now?” なる言葉を上昇法で聞かせた。その結果被検者 121 例中の 88% は音刺激が critical intensity に達すると明らかな反応を示し、又正常者 14 例及び器質性聾者 26 例計 40 例中 5 例を除いた残りの全てにおいて、反応閾値と自覚的了解閾値の差は 10db 以内にあるが、心因性聾者ではこの差は大きかつたと報告している。又 Maspétiol²⁴⁾ (1953) は不快感発現強度閾 (uncomfortable Loudness Level, ULL) 内外の強さの純音に対する GSR の発現状態を観察し、GSR を利用して聾聴の性質の診断を試みた。nonconditioned GSR を利用して純音聴力閾値測定に成功した人に既述

の Doerfler⁸⁾ (1948) がある。彼は被検者の注意力を検査音に集中せしめる時は、極めて微弱な検査音に対しても GSR が敏感に出現する事を認め、被検者にこのような精神的緊張を促す手段として、音を与える前に一旦警告灯を点じ、これが消えてから 8 秒以内に検査音を与えるようにした。かくして上昇法により測定を行い、自覚閾値と殆ど差のないオージオグラムを作る事に成功した。しかし彼は多数例についての成績は発表していない。Grisanti¹⁴⁾ (1958) も成人 18 人に対して 128eps より 8192cps に亘る 8 音の反応閾値と自覚閾値を求め、この平均閾値差はほぼ 20~40db の範囲にあり、しかも低音より高音になる程閾値差が大になると報告している。

III. 反応発現のための音刺激の条件

GSR は比較的非特異的な現象であり、種々の刺激により誘発される汗腺活動による反応であるが、音刺激は電気刺激とともにその刺激の強さを量的に簡単に表わし得る所から屢々利用されてきた。ところで音刺激により GSR が発現する際は、光に対する瞳孔反射の如く被検者の心理的仲介なしに反応が出現するのであろうか。古閑²¹⁾によると、睡眠中でも音刺激による GSR の発生が見られるが、反応発生部位の優位性は覚醒時の夫と異るとのことである。しかし覚醒時には一般に音刺激が被検者にかなり強い感覚をひきおこす時のみ反応を生ずると云われる。van Iterson²⁶⁾によれば本現象は reflex of hearing ではなくて、reflex of affect である云う。音刺激が被検者に与える心理的刺激効果について、Peterson³²⁾や Wechsler³⁹⁾は affective な影響とか感情的動揺を専ら重視した。これに対して Darrow⁶⁾や Hovland¹⁷⁾は、GSR は被検者の感情状態に関係なく直接的、反射的に excitation に続いて現われるのであり、この点から GSR は生体の比較的簡単な反射活動の 1 つであると見做しており、Landis & Dewick²²⁾も同様な説を述べている。いずれにせよ GSR は音刺激による直接反応ではなく、被検者の心的仲介を経て生ずる事に異論はない。

種々な音刺激の中で純音は最も単純で刺激効果に乏しい事は言を俟たぬ。故に予め何等の工作なしに無条件刺激として純音を用いて GSR を発現せしめるには、一般にある程度以上の強さを必要とする。Maspétiol²⁶⁾、Faure & Portman⁹⁾、Michels & Randt²⁷⁾等の記載を総合するとほぼ閾値上 40~50~60db 以上の強さが必要である。更に確実に GSR を出現せしめるためには

Maspétiol²⁴⁾によると不快感発現強度閾以上の強さが必要であるといわれる。

IV. 純音刺激と順応

GSR の測定に当つて刺激を反復呈示する時に現われる反応の漸減、消滅は、漸減現象又は順応 (diminution or adaptation) と呼ばれ GSR の特徴の1つである。特に音刺激に対しては急速に順応が生じ、刺激に対して全く反応を示さなくなる事が古くから知られている⁵⁾²⁵⁾。既述の如く GSR の発現には心理的な経過を必要とする故、順応においても心理的要素が大きな役割を演ずる事は当然考えられる。Davis⁷⁾は音刺激の繰返しを連日行う実験において、pleasant な反応を与えるような刺激に対しては GSR は増強し、unpleasant な反応を与えるような刺激に対しては GSR は減少し、又 GSR が減少するような刺激は比較的単純なものであると云う仮説を示して、刺激の被検者に与える心理的效果が順応に対して大きな影響力を持つ事を強調している。Coombs⁵⁾も又 GSR は心理的過程を仲介とする故、反応の増強又は弱化的傾向は刺激繰返しの経過中の被検者の心理的調整のいかんによると述べている。

以下私の実験において観察された音刺激に対する順応について考察を進める。

A. 刺激間隔と順応

GSR 測定時の刺激呈示の時間的間隔に関し測定部位を手掌とした場合、Stewart³⁴⁾は最少20秒を必要とする。20秒は皮膚抵抗の部分的回復を保障する時間であると述べ、Richter²⁵⁾は皮膚抵抗が正常に戻るには平均15秒を要するとしている。これ等は通電法の場合であるが、電位法においても反応の経過時間はほぼ同様であつて、高橋³⁶⁾は室温15°Cで全経過時間は平均20秒であつたと述べている。更にCoombs⁵⁾は同一音刺激を15秒間隔で与えた場合は30秒間隔で与えた場合より急速に順応が生ずる事を報告している。

私の20秒、40秒、1分の3種の刺激間隔を用いた実験では刺激間隔の長い程反応回数が多い事、換言すれば順応が遅くなる傾向が認められたが、推計学的には有意差が見られなかつた。

B. 純音刺激の強さと順応及び複合音との比較

既に述べた如く、純音により GSR を生ずるためには一般に閾値上40～60db以上の強さが必要であると云われ、閾値又はその附近の強さでは通常反応しないとされている。しかし例外的に閾値附近の強さの純音に対しても反応した例の記載⁸⁾²³⁾¹³⁾もあるが、多数例について

GSR 誘発刺激としての純音の最小の強さを求めた報告はない。弱い刺激音に対しては当然反応は微弱となるが、私の実験で閾値上10～20dbの純音に対して被検例の全てが少くも初回刺激に反応した事は興味ある成績と思われる。これは測定器の性能にもよるが、後述の如く被検者の心理的状态にもよるものと考えられる。

さて純音刺激の強さと順応の関係をみると、音刺激が強くなる程反応回数が多くなり、順応の現われるのが遅くなる事が予想されたが、音の強さと反応回数の間には一定の傾向が認められなかつた。即ち閾値上80db以下の強さの純音では、GSRに対する反復刺激として用いる時、被検者に与える刺激効果の減衰の程度には強さによる差がない事を推察させる。

複合音よりなる音刺激、例えば笛、ベル、太鼓又は動物の鳴声等が被検者に与える心的効果の点において純音より遙かに勝れている事は明かであり、これ等の複合音刺激に対する順応の発現が純音の場合に比して遅い事も当然予想される。私の牛の鳴声の擬音を用いた実験では平均反応回数は6.6回で、純音(1000cps)を同一条件で与えた際の平均反応回数2.9回に比べて遙かに順応の現われ方の遅い事がわかつた。

C. 同一純音刺激の経日的繰返しに対する反応の消長

Davis⁷⁾は同一刺激を1日1回宛に5日間与え、これに対する GSR の大きさの推移を調べた結果、1000cps 純音の強大音(正確な強さは不明)を用いた場合は反応の大きさが漸減して行く事を認めた。私の場合も用いた音刺激は1000cps 純音であるが、測定に当つては反応の大きさを目標とせず、反応回数の推移を調べ、且実験日の間隔も3日とした故 Davis の成績と同一に論ずる事はできぬが、平均反応回数は漸減の傾向を示した。しかし個々の被検例についてみると、反応回数の消長の不規則のものが多く、この結果からも純音に対する non-conditioned GSR の不安定性、非恒常性の一端を窺う事ができる。

V. 被検者の精神的負荷と反応閾値

GSR の測定には一般に皮膚温、電極装着部位等の種々な身体的条件を無視する事はできぬが、音刺激を用いる際はその音刺激が被検者に与える心理的效果の有無、大小が測定結果に大きな影響を与える事に対しては更に大きな考慮が払われねばならない。被検者の身体的、外的条件の調整は容易であるが、このような内的条件の調整は必ずしも容易ではなく、ここに純音刺激による

nonconditioned GSR の不安定性の最大の原因がある。この反応の不安定性については、順応に関する私の実験において同一刺激に対する反応回数が被検者により変動の多い事、又同一被検者でも実験日により反応回数が不規則に変動する事等からも知る事ができるが、閾値下の強さから純音を 10db step 上昇法で聞かせた場合の反応閾値と自覚閾値の差が、予め何の教示も与えずに無作為的に測定した実験 II-B 群では 10～70db の広い範囲に分散している事によつても推定される。これに反し「検査音の聴えた回数を数えよ」と教示した実験 II-A 群では閾値差は ± 10 db の範囲内にあるものが大部分を占め、前者とは全く対照的な結果を示し、又閾値上 10～20db と云う弱い音刺激に対しても「よく耳をすませて聞えてくる音に注意せよ」との教示により被検例の全員が少くとも初回刺激に対しては反応した (実験 I-C-(1))。このように検査音に対して被検者の関心を喚起し、注意力を集中させる事により通常全く反応を示さないような弱音刺激に対しても敏感に反応するようになる。この事実が nonconditioned GSR による純音聴力測定の基礎をなすのである。

VI. 私の行つた nonconditioned GSR audiometry

私の行つた nonconditioned GSR audiometry においては Doerfler⁸⁾ の方法と異り、聴えた音を数えると云う自発的な努力に依存したのであるが、この場合純音は単なる音刺激たるに止らず、これを聴き逃さぬよう待つと云う緊張と、数えると云う精神的労作を促すサインとなる訳であつて、無作為的に与えた場合より被検者に及す心理的効果は遙かに大きいものと思われる。併し一方において被検者は検査音を聞き逃さず数えると云う緊張を 1 音の検査の終るまで続けなければならない。その結果生ずる被検者の疲労を防ぐために予め被検者に対してこの検査に興味を持たせるように説得、教示し、又 1 音の検査が終る度に聴えた音の数を検者に報告させる事により、最後まで緊張を持続させるよう努めた。しかし一定時間の間注意力を集中して、刺激効果に乏しい純音を算えると云う単調な作業は特に幼児にあつては困難であり、実験 III-C に見られた測定不能例の中全く反応を示さぬ 1 例を除いた他の 2 例は共に 4 才台であつた。他覚的聴力測定の目的の 1 つがかかる年齢層以下の幼児の聴力測定にある以上は、この点に関して一層の工夫をなし、幼児に興味を持たせるような手段を考えねばならぬ。

conditioned GSR audiometry の測定成功率は勿論被検者の年齢が少くなる程低下するが、その数字は報告者により甚だ異つてくる。5, 6 才以上の小児乃至成人における成功率を内外の 2, 3 の報告に見ると、Barr²⁾ は 4 才以上では 100%, 福島¹²⁾ は 5 才で 100%, 6 才で 92.3% と云う良好な成績を得ているが、金谷¹⁸⁾ は 8 才乃至 23 才の被検者で 67%, 山田⁴⁰⁾ は 10 才以上で 80.6% の成績を発表している。私の場合は 1 例 1 耳、4 音の検査成績であるが、検査音に対して全く反応しないものや、基線の不安定による測定不能例も含めて、全被検例 71 例中の測定不能例は 12 例 (16.9%) で、部分的成功例も含めた全成功例は 59 例 (83.1%) であつた。この成績は上述の conditioned GSR audiometry による諸家の成績に比して決して劣るものではないが、測定不能例が $\times 17\%$ を占めた事は本測定法の制約の 1 つと考える。

最後に測定成績の信頼性をみると、反応閾値、自覚閾値ともに 10db step 上昇法で測定したが、成人群と小児群の間に、又聴力正常群と難聴群の間には成績に殆ど差がなく、反応閾値と自覚閾値の差が ± 10 db の範囲にあるものが全群の 4 検査音のいずれにおいても 80% 乃至 100% を占めている。10db step の測定法ではあるがこの成績は今日迄報告されている conditioned GSR audiometry の諸成績に比して遜色ない成績であると思う。特に小児の高度難聴群では会話が不可能のため、附加の教師を通じて測定法を説明しなければならず、測定前の諸注意の徹底が不充分であつたにも拘らず、正常者に比べて著明な反応を示す例が多く見受けられた。このような傾向は夙に森本²⁰⁾、金谷¹⁸⁾、山田⁴⁰⁾ 等の指摘する所であつて、高度難聴者は日常音に接する機会が少いため、単純な純音に対して敏感に反応を示すものと考える。

第 6 章 結 語

純音に対する nonconditioned GSR の発現状態を種々の刺激条件の下に観察し、且これによる聴力測定を試み下記の結論を得た。

1. 同一音刺激を反復呈示した際の刺激条件と順応の関係
 - a. 刺激呈示の間隔と順応の関係：間隔が 20 秒、40 秒、1 分の 3 群の間には、間隔が長い程順応が遅くなる傾向を認めたが、推計学的には有意差がなかつた。
 - b. 刺激の強さと順応の関係：刺激の強さが閾値上 10～20db, 30～40db, 50～60db 及び 80db の 4 群では、

刺激の強さと順応の間に一定の傾向を見出さなかつた。

c. 複合音 (牛の鳴声の擬音) に対しては順応の現われ方が遅く、同じ強さの純音を用いた場合と明確な差を認めた。

2. 無作為的に与えた純音に対する反応出現の状態は、個人差が大きく且同1例でも実験日により異なる等甚だ不安定であるが、検査音に対して被検者の注意力を集中させる事により反応は安定し、反応閾値は下降した。

3. 「検査音の聞いた回数を数えさせる」事により検査音に対して被検者の注意力を集中させて、500cps, 1000cps, 2000cps, 4000cps の4音について 10db step 上昇法で聴力測定を行つた結果、反応閾値と自覚閾値の差は予想外に少く、測定値の90%以上が $\pm 10\text{db}$ 以内の差に止つた。

4. この聴力測定法では検査音に対する被検者の精神的緊張を長く保たせる事は困難な場合が多く、成人でも1回の測定としては1耳、4音の検査が限度と考えられ、又幼児の聴力測定に利用する事は年令の制限のため不可能であつた。

参考文献

1) *Albrecht, W.*: Die Trennung der nicht organischen von der organischen Hörstörung mit Hilfe des psychogalvanischen Reflex, Arch. Ohren- usw. 101, 1, 1918. 2) *Barr, B.*: Pure tone audiometry for preschool children. A clinical study with particular reference to children with severely impaired hearing, Acta oto-laryng. Suppl. 121, 1955. 3) *Bordley, J.E., Hardy, W.G. & Richter, C.P.*: Audiometry with the use of galvanic skin-resistance response, A preliminary report, Johns Hopk. Hosp. 82, 569, 1948. 4) *Bordley, J.E. & Hardy, W.G.*: A study in objective audiometry with the use of psychogalvanometric response, Ann. Otol. 58, 751, 1949. 5) *Coombs, C.H.*: Adaptation of galvanic response to auditory stimuli J. Exp. psychol. 22, 244, 1938. 6) *Darrow, F.*: 文献 17) より引用. 7) *Davis, R.C.*: Modification of the galvanic reflex by daily repetition of a stimulus, J. Exp. Psychol. 17, 504, 1934. 8) *Doerfler, L.G.*: Neurophysiological clues to auditory acuity, J. Speech Hear. Dis. 13, 227, 1948. 9) *Faure, J., Portmann, M., Duterre, F. & Bramerie, R.*: Au sujet de l'audiométrie réalisée à l'aide du réflexe psychogalvanique, Rev.

Laryng. 73, 66, 1952. 10) *Féré, C.*: Note sur des modifications de la résistance électrique sous l'influence des excitations sensorielles et des émotions, C.R. Soc. Biol. Paris 40, 217, 1888. 11) 藤森聞一: 精神電流現象 (心理学講座), 中山書店, 昭 28. 12) 福島竜也: 幼児の聴力測定法に関する研究, 第1編, PGSR-audiometry, 日耳鼻, 63, 1847, 昭 35. 13) *Goldstein, R., Ludwig, H. & Naunton, R.F.*: Difficulty in conditioning galvanic skin responses: its possible significance in clinical audiometry, Acta oto-laryng. 44, 67, 1954. 14) *Grisanti, G.*: Sul valore della soglia uditiva ricercata mediante il riflesso psicogalvanico semplice, Udito-Voce-Palora 1, Fasc. 2, 1958. 15) *Hardy, W.G. & Bordley, J.E.*: Special techniques in testing the hearing of children, J. Speech Hear. Dis. 16, 122, 1951. 16) *Hardy, W.G. & Bordley, J.E.*: Evaluation of hearing in young children, Acta oto-laryng. 40, 346, 1952. 17) *Hovland, C.I. & Riesen, A.H.*: Magnitude of galvanic and vasomotor response as a function of stimulus intensity, J. Gen. Psychol. 23, 103, 1940. 18) 金谷真: PGSR 法に関する研究, 日耳鼻, 62, 1943, 昭 34. 19) 近藤正文: 皮膚電気反射 (GSR) における電位法と通電法の比較, 北海道医学雑誌, 32, 373, 昭 32. 20) *Knapp, P.H. & Gold, B.H.*: The galvanic skin response and diagnosis of hearing disorders, Psychosomatic Med. 12, 6, 1950. 21) 古閑永之助: ポリグラフによる睡眠の研究, 第1報, 正常睡眠について, 精神神経学雑誌, 62, 125, 昭 35. 22) *Landis, C. & Dewick, H.N.*: 文献 17) より引用. 23) *Lehrhoff, I. & Hills, B.*: An experimental study of auditory threshold acuity in children with cerebral palsy by PGSR and other techniques, Ann. Otol. 67, 643, 1958. 24) *Maspétiol, R., Pigement, M. & Tronche, R.*: Le seuil auditif inconfortable. Sa recherche par le réflexe psychogalvanique. Son intérêt clinique, Ann. d' Oto-laryng. 70, 388, 1953. 25) *Maspétiol, R., Pigement, M. & Tronche, R.*: L'évaluation et les enseignements de l'audiométrie objective par étude du réflexe psychogalvanique, Ann. d' Oto-laryng. 72, 266, 1955. 26) *McCleary, R.A.*: The nature of the galvanic skin response, Psychol. Bull. 47, 97, 1950. 27) *Michels, M.W. & Randt,*

C.T.: Galvanic skin response in the differential diagnosis of deafness, Arch. Otolaryng. 45, 302, 1947. 28) Misbach, L.E.: Effect of pitch of tone stimuli upon body resistance and cardiovascular phenomena, J. Exp. Psychol. 15, 167, 1932. 29) 森本正紀, 志井田守: 聴力検査の手引, 医学書院, 昭33. 30) 新美良純: 皮膚電気反射, 医歯薬出版, 昭35. 31) 大坪孝彦: 皮膚電気反射の定量的検査法について, 第1編, 皮膚電気反射の一般的性質, 医療, 8, 13, 29. 32) Peterson, F.: 文献17)より引用. 33) Richter, C.P.: 文献15)より引用. 34) Stewart, K.C.: Some basic considerations in applying the GSR technique to the measurement of auditory sensitivity, J. Speech Hear. Dis. 19, 175, 1954. 35) 高橋利夫: 皮膚電気反射に及ぼす気温の影響, 生体の科学, 8, 177, 昭32. 36) 高木健太郎, 中山昭雄: GSRの波形について, 日本生理学雑誌, 20, 341, 昭33.

37) Tarchanoff, J.: Über die galvanischen Erscheinungen in der Haut des Menschen bei Reizungen der Sinnesorgane und bei verschiedenen Formen der psychischen Tätigkeit, Pflügers Arch. f.d. ges. Physiol. 46, 46, 1890. 38) van Iterson, C.J.A.: Psychic-galvanic-reflex-phenomenon in ear examination, Acta oto-laryng. 2, 174, 1920. 39) Wechsler, D.: 文献17)より引用. 40) 山田恒雄: Psychogalvanic Skin Responseによる他覚的聴力検査法について, 日耳鼻, 63, 1424, 昭35. 41) 横田敏郎: 皮膚電気反射に関する研究, 日本生理学雑誌, 19, 724, 昭32.

稿を終るに臨み御懇篤なる御指導御校閲を賜
った恩師鈴木篤郎教授並びに御協力下さった教
室員諸兄に深甚なる謝意を表す

(原稿到着=昭和37.4.18日)