- symposium on the role of the vestibular organs in space explorations. NASA SP 152: 63-82, 1967.
- 6) 中井義明: 前庭半規管感覚上皮の病態, 耳鼻. 19: 863~874, 1973.
 - 7) Nakai, Y.: An electron microscopical study of pathogenesis of vestibular labyrinth. *Equil. Res.* 3: 17-29, 1973.
 - 8) Hasegawa, T.: Die Veränderung der Labyrintharen Reflexe bei zentrifugierten Meerschweinchen. *Pfluegers Arch. Ges. Physiol.* 229: 205-225, 1931.
 - 9) Margaria, R., Gualtierotti, T., and Spinelli, D.: Protection against acceleration forces in animals by immersion in water. *J. Aviation Med.*, 29: 433-437, 1958.
 - 10) Parker, D. E., Covell, W. P., and v. Gierke, H. E.: Exploration of vestibular damage in guinea pigs following mechanical stimulation. *Acta Otolaryng. (Stockh.) Suppl.* 239, 1968.
 - 11) 中井義明, 山本馨, 岩本 勉: Kanendomycin Vis-tamycin の聴器に及ぼす影響に関する電子顕微鏡的研究, *AUDIOLOGY*, 15: 202-210, 1971.
 - 12) 中井義明, 山本馨, 岩本勉: 薬物中毒及び先天ろう動物蝸牛の成立機転に関する電子顕微鏡的研究, *AUDIOLOGY*. 14: 504-512, 1972.
 - 13) 中井義明: 前庭半規管感覚上皮および壁細胞の微細構造, 耳鼻, 19: 845~854, 1973.
 - 14) Nakai, Y.: Ultrastructural organization and development of vestibular sensory epithelia. *Equilibrium Res. Suppl* 4: 13-29, 1972.
 - 15) 長場雅男: 超高速直線加速度による内耳障害と頭位眼振, 耳鼻臨, 63: 729-738, 1967.
 - 16) Lim, D. J.: Formation and fate of the otoconia. *Ann. Otol.* 82: 23-35, 1973.

視運動性刺激による訓練効果*

三 好 豊 二**

Abels (1906) によって初めて示された habituation なる概念は, 初期は主として廻転刺激に対して検討された為に, 反応低下として捉えられた。Thorpe (1950) は habituation を, “感覚器に対し, 刺激が繰り返し加えられた時に生じる現象で, その刺激が生体の生命に対して重要な意味を有しない時, その刺激に対して反応しなくなる単純な学習の一種類である”, と定義して居る。末梢前庭に対する反復刺激実験は枚挙に暇がない程であり, 最近のものだけでも, Hood & Pfaltz (1954), Henriksson (1961), Fluul & Mendel (1969), Guedry (1964), Forssman (1964), Brown & Crampton (1965), Collins (1965), Aschan (1967), Pfaltz & Piffko (1970) Monnier (1970), Montandon (1970), Greiner (1970), Pia-loux (1970), Kaphan (1970), 等が見られ, いずれも反応低下の形で habituation が論じられて居る。これに引き換え, 反復する視運動性刺激による habituation は, 人に関しては, 僅かに Fernandez 等 (1963) の報告が見られるのみである。彼は反応低下は認められず, habituation の成立は認められなかったとして居る。し

かし更に訓練を反復した時の habituation の可能性については否定して居ない。一方奥 (1954), 檜 (1954), 白木 (1967) 等は動物実験において, 反復する視運動性刺激により, 眼振数の増加する現象を認め, 視運動性刺激による habituation は, 反応増加の形で現れ, その意味する所は視運動機能の改善であるとして居る。この様に人と動物で反復視運動性刺激に対して異った結果が示されて居るが, その為いくつかの疑問が生じて来た。即ち, この人と動物において見られた差の原因は何であるか, 人においても habituation が生じ得るか, もし生じるとしたら反応減少の形か増加の形か, 生じた場合その意味する所は矢張り視運動性機能の向上であるか等である。これ等の疑問を解明する為, 我々は人における視運動性刺激の反復負荷による反応の推移を検討した。

実験装置

用いた視運動性刺激装置は大小2種類で, 小型のものは直径30cmの円筒上に直径2cmの光点10ヶを等間隔に配したものを, 57cmの位置より2.5cm×10cmの窓を通して見るもので, 視野には常に1ヶだけの目標が動いて居り, しかもその移動角度は僅か10度と言う狭い範囲である(以下狭視野装置と記す)。大型のものは, Jung 式の線条投影型の視運動性刺激装置で, 投影器のスリッ

*Optokinetic habituation

**T. Miyoshi,

福井赤十字病院耳鼻咽喉科

ト数は、全周12本で等間隔に配置されて居る。スクリーンは半径 80cm の白色半円筒型で、被検者はその中心に位置する。従って、刺激視野は 180 度で、その上に長さ 80cm, 幅 3cm の光線条が常時 6 本、移動しつつ投影される (以下広視野装置と記す)。

眼球運動は、差働型光電眼振計により、DC 記録が行なわれた (Pfaltz & Richter 1955, 1966)

実験方法

被検者は、14歳より45歳に互る、視力、眼運動に異常を認めない健康者15名であった。

被検者は訓練の前後に、一連の足踏検査、広狭視野2装置による視運動性眼振検査、冷温交互検査、電気眼振検査を行ない、対照及び評価の資料とした。足踏検査は福田の原法に従った。視運動性刺激は、広視野装置では、15°, 20°, 25°, 30°, 60°, 90°, 120°/sec の7種の等角速度刺激を、狭視野装置では、15°, 20°, 25°, 30°/sec の4種の等角速度刺激を、いずれも左右両方向に加えた。冷温交互試験は Hallpike の方法に、電気眼振検査は Pfaltz の方法に従った。

訓練は、等角速度刺激を15秒負荷、15秒休止の10回繰り返しを1日量とし、可及的連続した10日間に互って反復する事により行なわれた。また毎日の刺激の前後に足踏検査を行ない検討した。

被検者は、5名ずつの3群に分けられ、1群は広視野装置右回転 (A群とす)、他の1群は広視野装置左回転 (B群とす)、残りの1群は狭視野装置右回転 (C群とす) の刺激で訓練された。この時の刺激速度は、広視野装置では 60°/sec が、狭視野装置では 30°/sec が選ばれた。

視運動性眼振評価のパラメーターとしては、視運動機能を最も忠実に現わすと考えられる所より眼振緩徐相速を、また従来の動物実験との比較の為に、眼振数を選んだ。habituation 成立の評価は、訓練前後の対照の比較によって行なうと共に、毎日第1回目の15秒間刺激により解発された眼振について計測し、経日的変化をも検討した。第1回目のみを用いたのは、疲労現象の混入を避けるためである。

眼振緩徐相速は、最も良く解発された部の、連続した5ケの眼振について計測し、これを各群5名について平均した。眼振数は、15秒間につき計測し、各群5人の平均を求めた。

結 果

眼振緩徐相速; 緩徐相速の経日的変化を見ると、初期には刺激速即ち目標線条速より遅かった緩徐相速が、反復する視運動性刺激により、次第に増加する傾向を示す (図1)。図1のA, Bは共に広視野装置で刺激されたA, B 2群各5名の平均値の推移を示して居り、相似た経過をたどって居る。Cは狭視野装置で刺激されたC群5名

図1 平均眼振緩徐相速の経日的変化

A: 広視野群右廻り

B: 広視野群左廻り

C: 狭視野群右廻り

30°/sec と 60°/sec の横破線は負荷視運動性刺激の速度を現わす。各曲線とも、日を経ると共に刺激速に近付いて居り、特にC群でこの増加が著しい。

の平均値であり、更に著明な増加傾向を示して居る。目標速との関係は、初期値においていずれも目標速に遅れて居るが、C群に於ける遅れが目立って居り、そのC群が経日的変化ではA, B群より顕著な増加を示した事は注目に値する。図中 60°/sec と 30°/sec に引かれた横線は、各々の目標速を示して居り、いずれの曲線も、この横線に近付く方向に増加して居る点は、興味深い。

訓練前後の比較では (図2), A, B, C 3群とも同じ傾向を示した。図2は広視野群 (B群) のものであるが、A, C群も同様の結果を得て居り、訓練に用いた装置、方向に関係なく、広視野装置により、15°, 20°, 25°, 30°/sec の角速度で解発された眼振の緩徐相速は、訓練前既に目標速とほぼ一致して居り、訓練後も増加を示さ

図2 訓練前後の緩徐相速の比較

w: 広視野, n: 狭視野, r: 右廻り, l: 左廻り, b: 訓練前, a: 訓練後を示す。
例えば wrb: 訓練前広視野装置右廻りで解発された眼振の緩徐相速, 因みに, 訓練前は実線で, 訓練後は点線で現わしてある。図はB群の訓練前後の対照を比較したもので, いずれの速度, 方向, 狭視野で解発された眼振でも, 緩徐相速の増加 (実線が上方の点線に移って居る) が見られる。

ず, 目標速を越える事はなかった。これに引き換え, 広視野刺激 60° , 90° , $120^{\circ}/\text{sec}$ により解発された眼振は, いずれも訓練前, 緩徐相速は目標速より低く, 訓練後に明かな増加を示し目標速に近付いて居る。狭視野装置で解発された眼振の緩徐相速は, 訓練前には, 15° , 20° , 25° , $30^{\circ}/\text{sec}$ と言う低速度領域でも, 目標速よりも極端に低くかったが, 訓練後に明かな増加を示して目標速に近付いて居り, 広視野装置で高速 (60° , 90° , $120^{\circ}/\text{sec}$)で解発された眼振の態度と似て居る。

この様に訓練により見られた眼振緩徐相速の増加は, 訓練に用いられた刺激とは異った速度, 異った方向は勿論, 異った視野の広さにより解発された眼振においても認められ, 訓練で成立した反応増加が, 異方向, 異速度, 異視野角視運動性眼振に transfer した事を示すものとして興味深い。

眼振数: 眼振数は動物実験の結果と異り, 必ずしも増加の傾向を示さず, 増加するものも減少するものもあり, 絶対数では一定の傾向を示して居ない。しかし眼振数を目前を通過した目標数で割った比は一定の傾向を示した。即ちこの比は, 増加するものも減少するものもあるが, 次第に1.0に近接して行く傾向を有する。初期眼振数が目標数より多かったものは15例中11例あったが, 1例を除き広視野群に属し, 反復刺激により次第に眼振数を減ずる傾向を示した。初期眼振数が目標数より少なかったものは, 15例中4例であったが, いずれも狭視野群に属し, 反復刺激により次第に眼振数の増加を示した。各々の群の平均眼振数比を示したものが図3であり, 初期この比が1.0より大きかった群と小さかった群の両群とも, 反復刺激により, 1.0に次第に近付いて居る。換言すれば, 初期眼振数は必ずしも目標数と一致しないが, 反復刺激により, 目標1ヶに対し眼振1ヶが解発される様になる傾向を有して居る事が示された。

図3 眼振数一目標数比の経口的変化

初期, 眼振数が眼前を通過した目標数より少い群 ($1.0 >$) の平均眼振数は, 訓練の回を重ねる毎に増加するが, これに反し, 眼振数が初期, 目標数よりも多い群 ($1.0 <$) では逆に減少する傾向を示す。しかし共に眼振数一目標比が1.0に収斂している。

温度刺激に対する反応は, この程度の訓練では, やや反応増加の傾向が見られたが, 結論し得る程の変化は示さず, 今後の検討が必要である。

電気性眼振に対しても, 本条件下では, 明かな反応の増減は認められず, また視運動負荷方向と関連した眼振

方向優位性も認め得なかった。

足踏検査：毎日の訓練の直後、視運動性後眼振が消失した時の足踏検査結果を、訓練前のそれと比較すると、加えられた視運動性刺激の方向と反対の方向に回旋する傾向を示し、この傾向は、広視野群（A, B, 群）において、より顕著であった。即ち視運動性刺激が、刺激停止後にも平衡に影響を残して居る事が示された。しかし、本条件程度の訓練では、回旋角の増減には、一定の傾向は見出し得なかった。

考 案

Fernandez 等（1963）は、彼等が行なった実験では、反復視運動性刺激では habituation は認められなかったと報告して居る。しかし彼等の実験条件を見ると、視野角約 14° の小円筒を、見掛けの速度約 $5^\circ/\text{sec}$ で廻して居り、非常に弱刺激、低速度である。我々の広視野群の低速時にも反応の増減が見られなかった如く、日常生活の間に既に habituate されてしまった範囲内での条件ではなかろうかと考えられる。我々の負荷した条件では、眼振緩徐相速に反応低下は見られず、反対に増加を示した事は、福田、奥（1954）、檜（1954）、檜、寺山（1966）、白木（1967）等が動物実験で示した眼振数の増加と、反応増加と言う面で一致する如くであるが、眼振数の消長のみで比較すると、我々の実験では増減に一定の傾向を認めず、むしろ減少を示した例の方が多く、一見相反する結果を示すが如くであった。しかし眼振数と眼前を通過した目標数の比を見ると、初期値 1.0 より大の場合即ち目標 1 ヶに対して眼振が 1 ヶ以上解発された時は、反復刺激に従って、次第に減少し、その比が 1.0 に近付いて行くが、初期この比が 1.0 より小さな場合、即ち全ての目標が必ずしも 1 つの眼振を解発し得なかった場合、反復刺激により眼振数は次第に増加し、比は 1.0 に近付いて行く。この眼振数、目標数比が 1.0 に収斂して行く現象も、眼振緩徐相速が次第に目標速に近付く様に増加して行く現象も、共に眼前を移動して行く目標をより正確に、網膜上の一定の位置に可及的に固定した状態で、目標を追従しようとする形での視機能の向上を意味して居り、動物実験で福田が唱えた、眼振数の増加が視機能の向上を示すと言う考え方と、本質的には異ならない。動物の視運動性眼振は、所謂周辺性眼振であるとされて居り、眼振数は通過した目標数より少く、目標像は網膜上で固定される事なく動いて行く。これと対比して、人間に関する我々の実験において、初期上記の比が 1.0 より小さな例は全て狭視野群に含まれ、この群では初期眼振緩徐相速は目標速の約 $1/2$ であり、網膜上の目標像の移動は大である。これ等両者共に反復刺激により眼振数の増加が見られて居る。これに反し、広視野群では全例で上述の比が 1.0 より大であり、初期の眼振緩徐相速の遅

れは僅か 20% 程度である。この群では眼振数は反復刺激でむしろ減少して居る点は興味深い。

この様に同じ視機能の向上と言う現象でも被検動物の種族差、刺激の状態等で反応の出方、推移が異り、時には全く相反するが如き結果を示す事がある点、実験結果を結論づける時深く留意する必要がある。

次に検討すべきは、上記の結果は果して habituation であるかと言う点である。Thorpe の定義に依れば、habituation とは反応低下である。我々の実験では眼振緩徐相速はかえって増加を示して居り、この定義とは一致せず、habituation と異った反応の如く考えられる。しかし一方、眼振数の推移を見る時、減少を示したものの方が多かった。かくの如く一つの現象において、検討するパラメーターを異にした時異った結果を示した事は注意すべき事実であり、従来言われて居る habituation とは、前庭眼振は反応減少、視運動性眼振は反応増加と画一的に定義する事は必ずしも当を得ず、反応の増減の方向のみをもって habituation の成立の有無を結論づける事は誤りである事を示して居るものと考えられる。従って、或る現象を考察するに当っては、検討して居るパラメーターの有する本質的意味について充分に考慮を加える必要がある。例えば前庭性眼振の盛んな発現は平衡破綻を意味するのに反し、視運動性眼振の盛んな発現は視機能の向上を意味し、外界に対する自己の正しい位置づけを可能ならしめ、身体の平衡維持機能を向上せしめる事を意味して居る。従って、前庭性眼振の減少も視運動性眼振の増加も共に平衡機能向上を意味する。又前庭性眼振は反射的性格を有するのに比し、視運動性眼振は機能的な面が強い。従って前庭性眼振の減少は、そのまま平衡機能の向上と考えて良いが、視運動性眼振では、ある基準以上の増加はかえって視機能の混乱を来す。即ち目標移動より早い緩徐相の如き、又通過目標数以上の眼振数の如き現象の出現は、かえって平衡保持上不利と思われる。即ち平衡機能の面より考える時は、視運動性眼振の各パラメーターには至適値が存在し、その至適値は外界の移動の様相により規定されるものと考えられる。例えば眼振緩徐相速にとっての至適値は、目標移動速であり、眼振数にとっては通過目標数であると考えられる。従って反復刺激によりこの至適値に近接して行く事が habituation の本質と考えられる。従来の動物実験での眼振数は、実験条件より推算される通過目標数より通常遙かに低い値を示して居る点より、その増加がそのまま habituation の成立を示して居ると考えて良い。これと反対に我々の実験では、初期に通過目標数より多い眼振数を示して居た群が反復刺激で眼振数の減少を示したが、これも亦 habituation と考えて矛盾はない。

視運動性眼振の諸パラメーターの内、眼振緩徐相速が

最も忠実に視機能を示して居り、目標速との一致が最良の視機能と考えられる所より、緩徐相速初期値が、目標速と一致しない場合は、刺激の反復により緩徐相の増加する事が habituation を示して居ると考えられると共に、緩徐相速初期値が既に目標速と一致して居る場合には、刺激を反復してもその増加を見ない事実も上記の理由より理解し得る。

habituation を考える時、日常生活における刺激を切り離して考える事は当を得ない。日常生活中に遭遇する刺激は反復して加えられる事が多く、従って我々はその刺激により充分に habituate されて居るものと考えられる。その為弱い刺激に対しては既に日常生活の間に habituate されて居るものと考えられ、広視野装置での $30^\circ/\text{sec}$ 以下の視運動性刺激はその様なものと思われ、従ってこの程度の刺激に対しては既に habituate され、目前を移動する目標を正確に追いつける様になって居り、その為、さらに刺激を反復しても、それ以上の機能向上は望まれず、従って habituation を行なっても眼振緩徐相速は増加しない。この現象と、病的状態を除いて緩徐相速が決して目標速を越える事がない事実とは、habituation と日常生活との関係及び視運動性眼振の訓練による変化のし方に対し大きい示唆を与えて居るものと考えられる。

上述した如く Thorpe は habituation は反応減少を来す様な学習の 1 形式であるとし、Sharpless 等 (1956)、Hernandez-Peon 等 (1961) に依れば、その学習は消極的学習である。従って我々の結果の如き反応増加は、この様な定義からは habituation とは言えない。この意味からは Kornhuber が視運動性眼振には habituation が存在しないとして居る事は首肯し得る。しかし視運動性眼振の解発に Alertness が重要である事は論をまたず、我々の結果の如く反復刺激により視機能向上を意味する様な眼振緩徐相速増加と、眼振数目標数比の 1.0 への収斂を示した事は、この間良好な Alertness が保持されて居た事が裏付けられ、また一方上記の結果は換言すれば、眼振の中心窩型への近接を意味する。Hood 等 (1967) によれば、中心窩性眼振には前頭葉が関与して居ると述べて居る。我々の視機能増加と言う結果には前頭葉も参加して居る事は疑えず、従って Glaser (1966) の定義による学習、それも積極的学習によるものとしても誤りなきものと考えられる。この様に前庭反復刺激による反応低下も、視運動反復刺激による反応増加も、消極、積極の差はあるも、同じ学習であり、共に平衡維持機能の向上を来して居る点より、本質的には異ならず、従って反復視運動刺激により habituation が成立したと結論し得るものと考えられる。

その一方、目標速と眼振緩徐相速の差の大きい狭視野

刺激において、足踏検査の結果より推察して、視運動性刺激としては弱いと考えられるにも係らず、視機能向上がかえって顕著に見られた事は、外眼筋の拮抗反復運動のより困難なもののほど訓練効果が多かったとも考えられ、外眼筋、末梢も含めて、より低位の動眼系の訓練効果の関与も否定し得ない。

transfer に関しては、白木は一方向のみに視運動性刺激を反復負荷した動物実験において、刺激と反対方向に対しても反応上昇を認めて居る。我々の実験でも反対方向に対しては勿論、異った速度により解発された眼振にも、異った視野の広さの刺激により解発された眼振にも、視機能の向上を現わす所見を認めた。これは、transfer の成立した事を示すと共に、動眼系全体の訓練効果の成立を示して居り、従来前庭眼振の habituation において論ぜられた高位中枢での acquisition とは趣を異にして居る様である。

温度性眼振、電気性眼振への transfer については、我々の条件では明かな結果は得られなかったが、更に長期の反復負荷を行なった場合に生じ得る可能性はあると思われる。

結 語

1: 15名の被検者を 3 群に分け、広狭 2 視運動性刺激装置で反復刺激を負荷した。

2: 平均眼振緩徐相速は、訓練により増加した。

3: 平均眼振数は、増加するものも減少するものもあったが、眼前を通過した目標数との比は、いずれも 1.0 に収斂した。

4: この事実は視機能の向上を意味すると考えられた。

5: 従って反復視運動性刺激の負荷により、視機能向上を来す形で habituation が成立する事を認めた。

6: 緩徐相速の増加は、訓練に用いた刺激と異なる方向、異なる速度、異なる広さの視野により解発された視運動性眼振にも transfer した。

参 考 文 献

- 1) Fernandez, C. & Riesco-MacClure, J. S.: Studies on habituation of vestibular reflexes. V. The optokinetic nystagmus. *Ann Otol* 72:336-345, 1963.
- 2) Glaser, E. M.: *Die physiologischen Grundlagen der Gewöhnung*. Oxford University Press, London. 1966.
- 3) 檜学: 訓練効果の平衡生理, *耳鼻臨床*47: 910-926, 1954.
- 4) 奥 浩次: 視性訓練と眼振, *耳鼻臨床*47: 896-909, 1954.
- 5) 白木哲朗: 視機能眼振の response increase. 60: 970-992, 1967.
- 6) Thorpe, W. H.: The concepts of learning and

their relations to those of instinct. In *Physiological mechanisms in animal behaviour* (ed. Danielli & Zrown). Cambridge Univ. Press. 1950.

7) Miyoshi, T., Pfaltz, C. R. & Piffko, P.: Efect of

repetitive optokinetic stimulation upon optokinetic and vestibular responses. *Acta Otolaryng* 75: 259-265, 1973.

視運動検査（一発刺激法）の研究*

—Foveal Sight と Peripheral Sight の眼運動の差異について—

小 高 修 司, 大 久 保 仁, 古 屋 英 彦**

藤 森 克 男***

緒 言

視運動性眼振検査 (optokinetic nystagmus test) の診断への利用に関しては数多くの優れた業績がみられるが, その殆んどは Pattern (OKP) による鑑別診断であり, 数的に取り扱う事や個々の眼振相を分析する方法は漸くその緒についたばかりのようである。我々は刺激と眼反応 (眼振) との対応を明瞭に記録できる事を重視し, 一発刺激法を開発して, 数的な解析を試みてきた¹⁾。今回正常者 (Normal Sight=Nor. S. と略す) 周辺視野狭窄症例 (Foveal Sight=Fov. S. と略す) 中心視野欠損症例 (Peripheral Sight=Peri. S. と略す) を被検者として, 視運動刺激の角速度の変化に対して, 視器末梢受容器系障害ではどのような対応を示すか, 又視標追跡に關与する系はどのように対応するかを調べ知見を得たのでここに報告する。

装置・方法

半径1m, 中心角60度の曲面を有する高さ1mのスクリーンに, 暗所にて $3^{\circ}/\text{sec}^2$ の角加速度で $0^{\circ}/\text{sec} \rightarrow 120^{\circ}/\text{sec}$ と加速し, 次いで即刻 $0^{\circ}/\text{sec}$ 迄減速していく光線条刺激を投影する。刺激と眼反応 (眼振) との対応を明瞭に把える事ができるように, 光線条はスクリーンに常に一本のみ現れ, 患者にはスクリーンの端から端まで追跡するように又, 縞数を数えるように指示する。更に途中にてサボる事のないように激励する。この一発刺激法では刺激と眼反応とが1:1として把えられ, 数的に観察できると共に, 従来の装置では一視野中数本の光縞がある為, 単なる振子様運動としてしか把える事ができな

かった高角速度時に於るサボりも, 我々の装置では間引きの現象として記録できる。Nor. S., Fov. S., Peri. S., の被検者数10名ずつは眼科医の協力により厳選して貰った。

結果および考察

図1は各角速度に於る刺激線条 (横軸) に対する刺激

図1 各角度に於る刺激線条 (横軸) に対する刺激反応時間 (縦軸)
全症例を Peri. S. と Fov. S. 別々に記録した。影部は Nor. S. のバラツキ範囲を示す。

*Observation of the optokinetic nystagmus test

—One response-One stimulation method—

**Shuji Kotaka, Jin Okubo, Hidehiko Furuya,

東京医科歯科大学耳鼻咽喉科学教室

***Katsuo Fujimori

青山医療センター