K. TERAUCHI: A Study on the Relation between
Central Excitation and Repetition of Simple Move-
ment by means of Flicker Test

単純運動の繰返しによる中枢神経系興奮性の 変化のフリッカー・テストによる研究

岡山女子短期大学 寺 内 邦 子

緒 言

我々は通例舞踊の基本科目 一主として舞踊 身体育成一、徒手体操 その他身体運動実施中に努力感、爽快感等をともなうことは屢々経験するところであり、又、古くから指摘せられていて、教育効果等について種々論ぜられているところである。又、精神活動に於てもこれと稍相似た現象が心理学に於て認められている。このような現象は、身体運動にとともなう中枢神経系の興奮の繰返しによつて生ずる中枢系に於ける誘導、疎通等と血流変化、疲労等によつて生ずるものと考えられる。したがつて中枢系の複雑な径路をとる反応、判別をとともなう応答等に要する時間に対する影響が大であることが考えられる。そこで筆者は、チラツキの融合閾を中枢系の興奮性の示標として、身体活動と中枢神経系との関係を追求めた。こゝでは先づ体操、舞踊、又は競技に於ける **Warming up** 等に於て比較的多く実施せられる比較的単純な主として上肢、下肢の運動の繰返しとチラツキ閾の変化について報告する。

実 験 方 法

フリッカー値の測定は KYS 式 Electronic Flicker (山越製) によつた。被験者は体育(特に舞踊)を専門とする女子を主とした。

実験にあたり実施する運動が困難である場

合には、その結果も複雑となることが予測される。そこで体運動としては、比較的単純なものから、かなり複雑なものまでを数種類選んで実験を行つた。之等を比較的単純なものから複雑なものへとあげると次の如くである。

1. 腕を横と下に振る。
2. 舞踊身体育成法 10 項目 (脚一前々後。腕一前横下)
3. 舞踊身体育成法 10 項目 (前後右回転)
4. 舞踊身体育成法 10 項目 (体側傾斜前後右回転)
5. 舞踊身体育成法 2 項目 (腕上下波動。3 拍子)
6. 舞踊身体育成法 9 項目 (足前打ち)
7. 美容体操 8 (長坐して体側斜前屈)
8. 美容体操 3 (体前後屈)
9. 美容体操 6 (中坐して体側転後倒)
10. 腕一前から上下振、脚一交互に後へポイント。

11. 腕一肩を中心に上下屈伸、脚一交互側開
周知の如く正常時に於けるフリッカー値は比較的動揺を示すものであるが、常時数回にわたる練習によつてほぼ定常値をとることができた。そこで実験に際しては所要の運動実施前 1 分乃至 2 分間隔で数回測定を行い、測定値が 3 乃至 5 回にわたりほぼ一定となつた値を標準の正常値として後に実験を行つた。

実 験 結 果

1) 運動実施によつて生ずる興奮性変化の経時的効果

実験に用いた比較的単純な運動では、その重畳が20乃至40回程度まででは、運動によるフリッカー値の変化は第1図の如く数分程度で正常値にかへつた。そこで運動の重畳効果の測定実験には所要回数の運動直後にフリッカー値を測定した後、約15分程度の間隔をおいた後に次の測定を行うという

方法をとつた。第1図C(40回)に於ける運動3は、片脚交互跳をしながら前と後に右回転するもので身体支配、柔軟性、軽快性を養う巧緻運動で、運動量は比較的大である。また、第1図a(3回)、b(100回)に於ける運動5は、両肩を後にまわしながらその余波をうけて上下に腕の波動を行う肩の柔軟性、空間感覚を養う巧緻運動で、比較的複雑に見えるが、運動は部分的な小範囲なものである。このような運動を実施した直後から10分乃至15分にわたりフリッカー値を測定して、その変化を示した第1図によれば、運動量の大小、運動の複雑性の如何にかかわらず運動終了後に於けるフリッカー値の変化は、数分乃至10分程度でもとにかえることが理解できる。従つてこの程度の時間を経てから次の実験を行つた。

フリッカー値は間接的に中枢神経系の興奮性をあらわすと考えられるので、運動施行の各時期に於けるフリッカー値を正常時のフリッカー値を基準として

百分率で表すと運動施行による中枢系の興奮性の変化が表現できる。図1のa, b, cに上のような手続きをとると運動施行回数後の興奮性の変化はd, e, fの如きものとなる。このような表現はa, b, cに比して比較的变化を明瞭に示すのみでなく、測定をかなり長時間にわたつて行う場合に徐々に生ずる基準値のずれによる結果の不明瞭さをとりのぞくことが可能であるので、以下の実験に於ても測定

第1図 運動施行回数による興奮性変化の経時的効果

- a 比較的単純な運動(運動5) 3回
- b a と同一運動 100回
- c やや複雑な運動(運動3) 40回
- a, b, c は Flicker 値
- d, e, f は a, b, c から求めた興奮性変化

値を興奮性におきかえて表示することにする。

2) 運動の複雑性並びに施行回数と興奮性との関係

律動をとともう単純な運動、或は複雑な運動の施行による中枢系の興奮性の変化は、実験の結果かなりの差が認められた。又、施行回数によつても同様の結果が認められた。

運動1(第2図・a)腕を横と下に振る単純な運

動で、日常の動作の中に含まれる極めて単純なものであり、動きのパターンは2呼間である。これによれば7乃至8回までの間では比較的不定ではあるが興奮性上昇の傾向が認められた。しかし20回目頃から興奮性の低下が認められ、次で又50回目頃から徐々に興奮性は回復する傾向をとつた。

運動3(第2図・b)片脚交互跳で前と後に右

第2図 運動の複雑性並びに施行回数と興奮性変化との関係

a. 極く単純な運動(運動1)

b. やゝ複雑な運動(運動3)

c. やゝ複雑な運動(運動9)

d. やゝ機械的な単純運動(運動11)

回転する、運動競技にて極く一般的に使用されている単純な運動に回転を加えたかなり複雑性をもつものであり身体支配、柔軟性、転快性を養う巧緻運動で、動きのパターンは(前に2呼間、後に2呼間)4呼間である。運動施行数回のところから興奮性は上昇を示し、12乃至13回目頃から興奮性の低下が認められはじめ20回で約8%、30回で約12%と比較的著明な興奮性の低下が認められ、その状態はほぼ40回目頃まで続いた。

運動9第2図・c)膝をついて足を後に伸して

中坐両手を前にあげる。2呼間で片手を前から後にながすと同時に体の側転後倒、3呼間目にもとの姿勢にかえる、日常用いられている体を左右に回転する運動を、大きく、後に倒す耐久力を必要とする運動で柔軟性、筋力(腹背胴体)を養う巧緻運動である。なお動きのパターンは3呼間である。運動施行3回目頃から興奮性は上昇の傾向を示し、8回目までそのままの状態の興奮性の上昇が続いた。その後興奮性は徐々に低下する傾向をとり、ほぼ10回過ぎ頃に至り興奮性低下の傾向は停止

し、それより多い回数では同じ程度の興奮性の低下した状態が続くのが認められた。

運動 11 (第 2 図・d) 肩を中心として腕の上下屈伸、片足交互側開という、運動 1 の単純なものと同系列の運動ではあるが、通常徒手体操の中に含まれる節度をつけた比較的緊張感のある運動であり、動きのパターンは 4 呼間である。1 で両手肩、片足側開、2 で両手上伸両脚の踵をあげる。3 は 1 と同じ、4 は両手脚揃えてもとの姿勢、これを交互に行うものである。興奮性は 3 回あたりでわずかに上昇し、その後は第Ⅰの phase に従ってかなり大きく低下が認められ、しかも 30 回あたりまで殆んど一定の興奮性の低下の状態が続いた。

以上の様に興奮性の変動からみて、大体運動施行 10 回目頃が精神的にも爽快感をとまなうものと見られる。この状態は 15 回あたりまで続き 20 回頃から疲労が出はじめる。この疲労は努力感として 40 回頃まで同じ状態が続き、その後徐々に回復して行つた。100 回位まで継続施行すれば、かえつて作業中に練習効果が出て来るものと見えて、興奮性の上昇することが認められた。

次に動作の単純なもの、複雑なものについて見ると、先ず動作の単純性、複雑性を運動の外見的なものによつて判別することは困難がある。何故なら一見複雑に見える運動でも実際に施行した場合に、唯単に筋の一つを動かしているに過ぎないといった具合のものもあるからである。逆に単純に見えた運動が実際に施行した場合、目的の部位以外で運動を起したりして、身体的にも精神的にもかなりの混乱を見ることがある。そこで前述の運動施行による興奮性の変化について見る。単純な運動では興奮性の変動は小で、しかも第Ⅱ phase の回復が遅い。複雑な運動では、単純な場合と比較して興奮性の変動はかなり大で、回復ははや

いものと考えられる。

3) 律動をとまなう運動の伴奏音楽による興奮性変化とその効果

先に述べた運動施行回数と興奮性変化については、唯運動の繰返しによる結果であつたが、その運動施行に際して伴奏を用いた場合に興奮性はどのように変化するか、又、伴奏の種類によつてその効果がどのように変化するかについて述べる。

運動 10 (第 3 図・a, b, c) は、腕上下振、足交互後ポイントで柔軟性、バランスを養う巧緻運動で、動きのパターンは 2 呼間である。

第 3 図 (b) シヤコンヌ間奏曲を伴奏として

第 3 図 運動施行回数による興奮性変化に対する伴奏音楽の影響 (運動 10)

用いた時、ここでは興奮性変化は前に述べたものと大体同様である。しかし **normal** な変化のなかにも、第Ⅱの **phase** は浅く殆んど上昇の傾向にある。第Ⅲの **phase** もかなり長く続いた。

第3図(a) 伴奏はチャイコフスキーのワルツである。ここでは第Ⅰの **phase** から上昇傾向を示し、第Ⅲの **phase** も逆にそのまま上昇の状態が続いた。しかも上昇約8%という大きさで、その状態が15回過ぎ頃まで続き、興奮性は上昇の状態で継続した。

第3図(c) 伴奏はオクラホマである。10回目までの傾向は判明しないが、それ以後に於ては興奮性上昇状態が継続延長して60回あたりまで3乃至5%の上昇傾向状態にあつた。これによつて明らかにされることは、運動が音楽をとまなう場合興奮性の上昇は大であり、しかも運動の快よさを感じさせるような音楽に於ては一層の効果がある。また、ワルツ系の音楽に於ては、そのリズムの影響は大である。

以上のように、律動をとまなう運動施行に際しては何等かの伴奏をつけた方が、つけない場合よりも興奮性の上昇は大きく、しかもその状態はかなり長く続いた。また、疲労による興奮性の低下状態は浅く、低下といつても正常値のあたりを常に上昇傾向にある。第3図a,b,cに示した音楽は、純粹の意味での伴奏音楽ではない。純粹の伴奏音楽でなくてもかなり大きく、長い興奮状態が続く。即ち伴奏として音楽を用いたことにより、興奮性を高めることができたものであろう。そこでこの実験の結果、伴奏音楽の解決に新しい方向が見出される。既成の音楽、しかも聴くための音楽を用いてかなりの効果が出るのであるから、これを運動のための音楽、即ち純粹の伴奏音楽を用いれば、尚一層の効果があるものと考えられる。我々は音楽を聴いただけでよい心持を感じる。まして2の結果の如く、

運動を施行することにより興奮性の上昇が認められることから、この両者による効果が重ることによつて生ずる爽快感は、夫々別々に行われた場合よりも大であることは、我々の日常経験するところとよく一致する成績である。尚、従来伴奏音楽といわれているものの中にはピアノ、ヴァイオリン等で奏でられているものが多い。しかしこれはゲロイシュリトミツクを用いることにより伴奏音楽の解決に新しい方向を見出している。これは太鼓、タンボリン、鐘、シンバル等の打楽器を主として構成したもので、舞踊の効果を出す目的が第一であると考えられる。従つて音楽に従属的に運動がつくのではなく、運動の効果をあげるために伴奏音楽があり、且、この伴奏音楽によつてますます運動の効果が増大するものこそ、真の伴奏音楽であることが考えられ、また、これをとまなうことにより運動の効果も一層大となるであろう。

考 察

先に述べた如く運動の繰返しによる興奮性の変化は、大体3つの曲線を示す。3回目あたりから10回目あたりまでにみられる興奮性の上昇(第Ⅰ **phase**)について考えられる要素として大きいものは、(a) 中枢系の疎通、(b) 中枢に於ける血流量の増加である。血流量の変化をみるため、運動の回数と脈搏数変化との関係を検した結果は第4図の如くであつた。図に認められる如く第Ⅰの **phase** に相当するところで脈搏数漸増に加えて一過性の脈搏数増加が認められる。故に運動実施にとまなつて生ずる第Ⅰ **phase** の興奮性上昇については次の如く考えることが妥当であろう。一般に **excitable tissue** に於ては、興奮性は最初の数回程度の間で疎通現象が認められるのが通常であるので、先ず第一に中枢系の疎通によつて生じたもの、第二に運動施行にとまなつて内分泌腺、物質代謝等の活動促進により、

第4図 作業中に於ける運動施行回数と脈搏数変化との関係
a. 脈搏数変化
b. 興奮性変化(運動)

アドレナリンその他の血中濃度の増大が考えられる。アドレナリン濃度増大によつて心搏数は当然増加するが、尚中枢系の興奮性に対する効果については、多くの研究者により低濃度アドレナリンによつて神経節伝導の促進することが報告されているところから、(文献参照) 血中に於けるアドレナリンその他の物質の変動によつて中枢系の興奮性が左右されることが考えられる。又網膜に於ても血流速度が視物質の回復に関係をもつことが考えられるので、実験で求められた興奮性の上昇については中枢性のもの、又は末梢性(網膜に於ける変化)の何れかの一者のみによるものか、両者が共に関係をもつものかについては決定

されることは出来ない。

次に運動回数が増すにしたがつて脈搏数も増大し、30乃至100回程度の運動施行により脈搏数は増大してほぼ一定値をとるに至ると考えられるので、血流速度も運動回数にしたがつて漸次上昇するものと考えられる。従つてこの場合の興奮性曲線(第2図、第3図)に於ける下向の第Ⅱの phase は中枢疲労によつて生じたものと考えられ、興奮性上昇の傾向をとる第Ⅲの phase は運動によつて生じた身体に於ける新しい状態(血中に於ける代謝産物濃度の変化、内分泌腺活動の変化等)と、運動継続によつて生ずる心理的な変化(努力感、興味等)によつて新たに興奮性の上昇が生じて、これが疲労によつて生じた興奮性の低下(第Ⅱ phase)を打消して、図に得られた如き結果が生ずるものと考えられる。従つて比較的短い時間経過で完結する筋運動群はその繰

返しによつて、少くとも判断をとまなう現象に関係をもつ中枢系の興奮性の変化にとまなつて、精神状態は先ず、(1)繰返しによる疎通現象その他によつて生ずる興奮性上昇(第Ⅰ phase)によつて第1の変化が、次で(2)単純な疲労による興奮性の低下(第Ⅱ phase)による第2の変化が認められる筈である。更に運動繰返しが継続されると、(3)運動繰返しによつて生ずる運動そのもの、繰返し等に対する興味の漸増、又は努力感等によつて疲労感に打ち勝ち得た等、種々の心理的变化、それにとまなう身体的変化のために新たに生ずる興奮性上昇(第Ⅲ phase)によつて生ずる、第3の変化が得られるであろう。実際に繰返し運動を行つた場合に生ずる種々の「感

じ」と施行回数との関係は、施行運動の種類、施行回数によつて生ずる変化の大きさ等に差異の生ずることは別として、大略次の如くで上述の考察がほぼ妥当であることが考えられる。第2図のa, 第3図のbに示した運動1, 運動2に於て生じた努力感, 爽快感と回数との関係は20回目頃「つらい」という感じ, いわゆる努力感が生じて来, その後46乃至47回頃に爽快感が生ずるに至つた。その後運動を継続施行して100回程度になると作業中に練習効果が出て興奮性上昇は持続する。更に継続施行して400回前後では本格的な疲労におちいる。又, 運動施行に際して伴奏として何等かの音楽を用いた場合に於ては興奮性変化は上述の基本型からは「ずれ」が見られ, 与えられた音楽によつて異つた結果が得られてはいるが, 一般的に見て通常第Ⅱのphaseが回数の多い方へずれる。この「ずれ」は伴奏として与えられた音楽が「より適切」である程大であり, また, 興奮性低下の程度も小で, 且第Ⅲphaseに於ける興奮性上昇の割合も大であつた。尚この場合に於て, 第Ⅲphaseに於ける興奮性増大, または, 第Ⅱphaseの疲労によつて生ずる興奮性低下の大きさには夫々波があり, その和として興奮性の変化が, 実験結果の如く比較的複雑な様相をとるものと考えられる。このことは実施運動の複雑さの差異によつて生ずる, 第Ⅱのphaseの興奮性低下の大きさ及びその時期等に於ても同様な現象であるものの如くである。従つて一般に採用されている伴奏音楽は, 運動のためのものでなく通り一辺のものであると考えられるが, 筆者の実験により充分検討される余地を認め, 更に新しい伴奏音楽についての研究がなされなくてはならないことがわかつた。舞踊に於ける身体育成については, 疲労感による訓練効果の減殺を無視して唯単に同一運動を数十回乃至数百回繰返す方法がとられているのみである。運動の練習にあつては,

同一運動の繰返しだけでなく, そこには何等かの変化をもたせることにより疲労感を減殺することが可能であることは前述の如くである。そこで運動による疲労感を減少させ, 訓練効果をより大とするために, 実験結果から第1のphase (6乃至8回位) の生起しているところで運動をとめるか, 或は第Ⅲのphaseの発現までもつて来るかの, 二者があるが考えられる。そこで先ず第一の方法をとる場合に, 幾種かの運動群を組合せる場合に於て, 数の過多又は組合せが妥当を欠くことにより, かえつて組合せによる効果が半減することが予想される。そこでかりに適当である単純な3つの運動群を組合せた場合, 各運動群の施行回数を第1のphaseの発現している間とどめ, 又, 3つの運動群を一つの運動の大きなリズムパターンとして継続施行すれば疲労感は殆んど現れず, 常にexciteされた状態(興奮の状態)が続き, 疲労感による訓練効果の減殺を可能なかぎり減少することが出来るのであろう。又他方に於ては運動回数を第Ⅲのphase発現持続する時期まで延長することにより, 努力感の陶冶, その後に現れる運動による爽快感を運動熟練のための過程として感得させることも当然考えられることの一つであらう。

又運動に於ける空間形成を, 直線, 単円, 接円, 連続円, 弧, 方向転換(回転)等の単一或は組合せによつて変化を与えればここに於ても効果は十分見出されるのであろうと考えられる。

以上の如く, 先に述べた事柄を更に適切な三者の組合せにより施行するならば, 反復練習による身体育成効果は充分の成果があるであらうと考えられる。又, 陸上競技その他に於て, 投擲, 打撃, 跳躍等の如く比較的短い運動群を用いることで, 一回毎に結果が生ずる技術に於ては, 練習に関する因子を除外したところでは, 適切な行動をとるために速か

な行動に対する判断を必要とする。このような場合には中枢系興奮性の亢進がより妥当性をもつ筈である。従つてこのような性質をもつ運動競技に於ては、前述の実験からわかつたように、運動施行回数が競技結果と大きい関係を有することが考えられる。

要 約

主として舞踊の身体育成に用いられる運動の繰返し回数と閃光融合閾（フリッカー値）の変化との関係を求め、これより運動回数と中枢系興奮性変化との関係を求めた。

1. 運動実施によつて生ずる興奮性変化の経時的効果は比較的単純な運動ではその重疊が20乃至40回程度までの間では閃光融合閾は運動実施後数分程度で正常値にかへつた。

2. 運動による興奮性の変化は大体数回目位のところで第一の興奮性の上昇（第Ⅰ phase）、次で10乃至40回程度の間で興奮性の下降（第Ⅱ phase）、その後ひき続き漸次興奮性の上昇（第Ⅲ phase）することが認められた。単純な運動ほど以上の変化は小で第Ⅰ phase～第Ⅱ phaseの移行は遅れ、第Ⅲ phaseは認めに

くかつた。又運動が複雑になる程、第Ⅰ phase～第Ⅱ phase、第Ⅱ phase～第Ⅲ phaseの移行は回数の少ない方へ移行し、且つ、変化の大きさは大であつた。

3. 運動の伴奏音楽による興奮性変化とその効果は運動施行に際して何等かの伴奏をつけた方がつけない場合よりも、興奮性の上昇は大で、しかもその状態はかなり長く続いた。又疲労による興奮性の低下状態は浅く、低下とはいえ正常値の附近で常に上昇する傾向をもつた。純粹の伴奏音楽ではなくてもかなり長く大きな興奮状態が続き、運動の興奮性を高める傾向が認められた。

この研究に関し、終始討論と協力をうけた熊本大学助教授丸橋寿郎博士、及び、実験の便宜を与えていただいた熊本大学保健体育教室の諸氏に深い謝意をする。

文 献

Skogland, C.R.: Factors that modify transmission through the spinal cord, Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol. 12, 233~244, 1952.