原 著

蟾に於ける骨筋の反射性緊張と皮膚反射

The Residual Tension of the Skeletal Muscle
and the Skin Reflex of Toad

眞 島 英 信 Hidenobu MASHIMA*

脊髓蛙の頭部を固定して吊下げると、その両脚の緊張は全く失われてしまうということではなく、各関節は幾分屈曲している。この現象は発見者の名をとって Brondgeest 現象¹⁾ (1860) と呼ばれている。そしてこの緊張はその側の坐骨神経又は下部後根を切断すれば全く消失することが確かめられている。

この現象の発現機構に関しては、従来 Sherrington 等²⁾ によつて詳しく研究された哺乳類の固有反射 (proprioceptive reflex, myotatic reflex, stretch reflex) と同一の機構を両棲類にも想定し、重力によつて脚が引伸される結果屈筋が伸展されて固有反射を惹起し、従つて屈筋が多少収縮した位置に保たれるのであると考えられていた。

ところが一方 Wertheimer³⁾ 及 Ozorio de Almeida 等⁴⁾ はこの現象の発現には固有反射よりも寧ろ皮膚の伸展されることが重要な役割を果していることを指摘している。又 Bremer^{6,7,8)} によれば両棲類でも固有反射が見られぬことはないが、筋緊張の維持に関与しているとは考えられない。筋からの求心性衝撃の果す役割は神経中枢の緊張を左右することにあるのであろうという。又 Kuffler⁹⁾ の実験も筋緊張反射と皮膚との連関の深いことを示唆している。

一方田崎¹⁰⁾ は蟾の運動神経には太い群 (9~20 μ) と細い群 (2~8 μ) とがあるが、後者は緩やかな筋運動を司るものである事を指摘し、吉岡¹¹⁾ はこの細い線維の神経衝撃は動物が何等認め得る運動をしていない時にも放出されて

いることを見ている。従つてこの様な細い運動神経によつて筋緊張が保たれていることが想像されるに至つた。

著者は大腿屈筋の一つである縫工筋について、筋に出入する神経衝撃を同時記録する方法によつて筋緊張及皮膚反射の性質を検討してみた。

図1 実験装置の配置 A: 骨挟み, B: 脊髓と上位脳とを切断する爲の皮膚切開口, C: 張力描記装置, D: 刺激電極, E: 誘導電極, F: 重り, M: 縫工筋

*順天堂大学医学部生理学教室

図2 縫工筋に入る神経の横断面
髄鞘染色, $\times 600$

方 法

脊髓臺を用いたが、断頭の際の出血を最少にする為に細いメスを頭蓋骨及第1椎骨の間から射しこんで脊髓と上位の脳とを切り離す方法を採用した。麻酔薬は用いない方が脊髓反射は明瞭で且つ長時間衰えない。脊椎骨を背側から鉗で切り開き脊髓を露出し、後根又は前根の1つに電極を当ててその部分を通過する神経衝撃を誘導描記した。又他の例では縫工筋(時には半腱様筋も用いた)を脊髓との神経連絡を保持したまま切り出してその神経の筋に入る直前に電極を当て誘導した。この場合は尾骨を切除し、腹部大動脈を結紮しておく必要がある。又同側の坐骨神経は膝関節から分離して刺激し得る様にして置く。(図1) 縫工筋の支配神経の切入口は図2に示してある。有髓神経線維の数は30本内外であつて、激しい興奮の場合を除けば各衝撃は充分分離し得る。更に波形から求心性のものか遠心性のものかを簡単に識別出来る利点がある。(図3参照) 刺激は皮膚刺激の場合は機械的刺激を、神経刺激の場合は電気刺激を用いた。機械的刺激としてはピンで軽く突く

か筆で触れるかした。電気刺激は感応電撃によつた。

結 果

A. 緊張性神経衝撃

脊髓臺の脊柱を開き1側の第8前根を切断して断端に電極を当てる。臺の口部を固定器で固定して吊下げると、この前根に自発放出(spontaneous discharge)が見られる。この衝撃は比較的小さく細い運動神経の活動に基くものであることが容易に察せられる。(図4, a) 臺を腹位にして台の上のどこに固定しない場合にはこの放出は止む。(図4, b) 別の臺で前根を切らずに縫工筋の入口で神経から誘導しても結果は同じである。

B. 刺激部位による皮膚反射の相異

前と同様に前根から誘導しながら脚の種々の部位の皮膚を刺激してみる。

まず大腿外側を刺激すると大小種々の衝撃が放出され(図4, c)しかも1回の刺激で数分の長きにわたつて続く。

下腿外側を刺激してみると放出の型は同様であるが遙かに数が少く持続時間も短い。

(図4, d)

趾の部分刺激してみると更に持続時間が短くなり、刺激直後の激しい応答は直ちに終つて後は続かない。(図4, e)

即ち軀間に近い部位を刺激する程その応答の型は緊張的(tonic)であり、遠い部位を刺激する程相的(phasic)であると云うことが出来る。この事からも Brondgeest 現象の原因が大腿外側の皮膚が引伸される為の一種の緊張的皮膚反射であつて、その際主として細い運動神経が活動していることが考えられる。

C. 固有反射

縫工筋を神経連絡を保持したまま切り出して myograph に装置し、神経が筋に入る附近から誘導して観察する。筋に荷重をかけて引伸す

図3 a, 求心性衝撃
b, 遠心性衝撃

図4 嚢の第8前根に見られる神経衝撃放出の各型(説明本文)

と求心性衝撃が増加するが、遠心性衝撃は増加しない。このことは筋を如何に急激に引張つても又、他の半腱様筋の様な臑部の多い筋について実験しても同様であつて、嚢には固有反射が全く認められないと云える。

図5 嚢の縫工筋に入る神経で観察される神経衝撃放出の模様、坐骨神経に単一刺激を加えてから1/2秒後の状態。
a: 縫工筋は等尺性収縮, b: 等張性収縮
横線は張力, 点線は張力の基線 時尺 50c/sec

之に反して坐骨神経を刺激すると(図1)縫工筋に対しても多数の遠心性衝撃が送り込まれることが解る。即ち遠心性衝撃は総て exteroceptive な皮膚反射若しくはそれと同様なメカニズムによつてのみ発するものと考えられるのである。

D. 求心性衝撃の反射助長作用

固有反射が無いとすると筋からの求心性衝撃の機能が問題になる。そこで前と同様の実験条件にし、坐骨神経刺激による反射収縮を縫工筋に起させた場合、筋の一端を自由にして等張性収縮をやらせた時と、筋の両端を固定して等尺性収縮をやらせた時とで衝撃放出の型がどの様になるかを調べた。この時筋の張力はカーボンマイクを利用して同時描記した。図5, a は等尺性条件下で行われたものであり、図5, b は等張性条件下で行われたものである。夫々の場合につき単位時間(1/10秒)内に通過する求心性及遠心性衝撃の数を数えて、その時間的経過を追求めてみると図6, A 及 B の如くなる。両者の相異点は次の如く述べられる。即ち筋の収縮が制限され等尺的な時は筋に発生する張力は等張性の場合に比して遙かに大である。従つて求心性衝撃の数も圧倒的に多くなる。その結果遠心性衝撃の数も之に應ずる様に多く放出

図6 嚢の縫工筋に入る神経を通過する神経衝撃の数の時間的経過
縦軸(左)は各1/10秒内に通過する衝撃数、縦軸(右)は縫工筋に発生する張力。
●—● 遠心性衝撃,
○—○ 求心性衝撃,
..... 張力曲線, S は刺激時点
A: 縫工筋は等尺性収縮, B: 等張性収縮

されている。つまり筋からの求心性衝撃はそれだけでは固有反射を惹起するに足りないが、皮膚反射が起つている場合にはその筋に対するこの反射の起り方を増強助長する作用があると考えなければならない。

考 按

Brondgeest 現象の本態が緊張性皮膚反射であることは明らかとなつたと思われるが、一方交感神経による筋緊張も亦無視する事が出来ない。¹²⁾ しかしこのものは潜伏時間がかかなり長いこと等幾つかの点で本論文で扱っている緊張とは一応別のものと考える事が出来よう。後根を切断すれば消失する部分も亦確かに存在するからである。

大谷等¹³⁾によれば蟻の脊髓では2神経元性反射は認められなかつた。このことは著者の固有反射が蟻で認められなかつた所見を裏書する。両棲類では体温の低いこと、重力に抗する姿勢をとらず這つて歩くこと等の理由から固有反射の発達は悪いと考えられる。しかも著者の見た様な求心性衝撃の皮膚反射助長作用は固有反射の原型とも考えられるものである。即ち哺乳類に於ても皮膚反射乃至は上位中枢からの衝撃によつて運動神経細胞が刺激される場合、若し筋運動が制限される様な場合にはその抵抗を排除すべくこの反射を助長する様にその筋からの求心性衝撃が働くのである。そして筋の求心性衝撃の本來の機能が実はこの様な介在細胞に対するものなのであつて、固有反射の様な前柱細胞に対する直接効果はその機能が特に高度に発達した場合に限つて見られると理解すべきであらう。

次に筋からの求心性衝撃によつて脊髓の中枢

の興奮状態が変ることが想像されるのであるが、この点に関しては未だ実験的根拠がない。著者もこの助長作用と根電位又は脊髓電位との關係を追求したが未だ一義的な結論を得ていない。

要 約

1. 蟻の皮膚反射の起り方は刺激部位によつて異り、軀幹に近い部位を刺激する程反射は緊張性に起り長く持続する。
2. 蟻では固有反射は認められない。
3. **Brondgeest** 現象の本態は大腿外側の皮膚が伸展されるための緊張性皮膚反射であつて、細い運動神経の衝撃によつて維持されている。
4. 筋からの求心性衝撃にはその筋への皮膚反射を助長する作用がある。

文 献

- 1) Abderhalden: Lehrbuch der Physiologie, IV (1926) より引用
- 2) Sherrington, C. S. et al: Reflex activity of the spinal cord, Oxford Press (1932)
- 3) Wertheimer, E.: Pflüger's Arch. ges. Physiol. **205**, 634 (1924)
- 4) Ozorio de Almeida et al: C. r. Soc. Biol. **90**, 420 (1924)
- 5) Ozorio de Almeida et al: Pflüger's Arch. ges. Physiol. **207**, 691 (1925)
- 6) Bremer, F.: Ann. de Physiol. **8**, 199 (1932)
- 7) Bremer, F. et Moldaver, J.: C. r. Soc. Biol. **114**, 929 (1933)
- 8) Bremer, F. et Moldaver, J.: C. r. Soc. Biol. **115**, 418 (1934)
- 9) Kuffler, S. W. et al: J. Neurophysiol. **10**, 395 (1947)
- 10) 田崎一二: 条件反射, **5**, 89 (1942)
- 11) 吉岡 薫: 東京女医学会誌, **12**, 369 (1942)
- 12) 中西式周: 日本生理誌, **15**, 477 (1953) より引用
- 13) 大谷造岩, 岩田俊二, 古河太郎: 日本生理誌 **12**, 学 9 (1950)

Summary

1. With the object of studying the cause of the residual tension in the leg muscle of the spinal toad, various regions of the skin were stimulated while nerve impulses led off from the motor root were recorded. When regions near the trunk were stimulated the tonic impulses which continued for a long time were observed, and the impulse discharges were more phasic with the increase of the distance of the point of stimulation from the trunk.

2. The proprioceptive reflex was not observed in the toad.

3. The true nature of Brondgeest's phenomenon was found to be the tonic skin reflex caused by the stretch of the skin of the outer side of the femoral region. This skin reflex was maintained by the impulses of the small motor nerves.

4. When both ends of the muscle were fixed during the skin reflex, namely under the isometric condition, the efferent impulses increase as the result of the increase of the afferent impulses. Thus the afferent impulses from the muscle involve the action to facilitate the skin reflex towards the same muscle.

Department of Physiology, Faculty of Medicine, Juntendo University

學會雜誌の御用命は

株式
會社 高橋活版所

新潟市東堀前通九番町

電話 二二四〇・四八四二番