

自律神経系と随意運動の関係について

東京慈恵会医科大学 小野寺 昇
(共同研究者) 同 森 本 茂
愛知教育大学 春日 規 克

Relationship Between the Function of the Autonomic Nervous System and Voluntary Movement

by

Sho Onodera, Shigeru Morimoto
The Jikei University School of Medicine
Department of Physiology,
Norikatsu Kasuga
Aichi University of Education

ABSTRACT

We studied about the relationship between the function of the autonomic nervous system and the voluntary movement. We observed the changes of the activity of the voluntary movement during the parasympathicotonia induced by Aschner's test.

We observed the following changes during Aschner's test.

- (1) The recruitment threshold of single motor unit decreased.
- (2) The spike intervals of single motor unit at constant tentions decreased.
- (3) The responses of patella tendon reflex increased.
- (4) The amplitudes of H-wave increased.

Above results suggest that the activity of the voluntary movement increased at parasympathicotonia.

緒 言

交感神経系の緊張により運動系の活動性は高進すると考えられている。

Urbscheit ら (1970) は、局所的冷却に伴い、誘発筋電図のH波の振幅の増大を観察している¹⁾。局所的冷却により交感神経系の緊張が高まり、その結果、脊髄 α 運動神経の活動性が高進したと考察した。一方、上岡 (1943) は、副交感神経系が優位にある夜間に膝蓋腱反射が高進することを報告した²⁾。

以上の報告は、自律神経系の緊張が運動系の活動性に影響を及ぼしていることを示唆している。

そこで、特に副交感神経系緊張状態でのヒト単一運動単位の活動性および単シナプス反射を検討した。Aschner の眼球圧迫は、本来迷走神経系の興奮を示すものであるが、その影響は副交感神経系緊張にも及んでいると考えられる。

そこで、ヒト単一運動単位の活動性の指標として①発火閾値、②一定張力保持時の放電頻度を、単シナプス反射の指標として①膝蓋腱反射の反応角、②誘発筋電図のH波の振幅を選び、これらの指標について Aschner の眼球圧迫時における変化について観察した。

実験方法

被験者は、健康成人男子2名(26, 31歳)とした。被験筋は、右内側広筋および右外側広筋を用いた。運動単位の活動電位は、表面電極法⁴⁾(銀皿電極、直径5mm)により導出し、平衡増幅器(時定数0.03, DIA MEDICAL DPA-400C)で増幅した。膝関節伸展張力は、strain gauge (SHOWA MEASURING INSTRUMENT Co, RTB-100K)と動歪増幅器(Shinkoh 6001F)で増幅した。

以上の信号は、陰極線オシロスコープ(NIHON KOHDEN TOKYO Co, VC-9)に表示し、連続

撮影装置(NIHON KOHDEN Co, PC-2B)を用いて記録した。

膝蓋腱反射の反応角は、浦本式膝蓋腱反射閾値測定装置を用いて測定した。誘発筋電図は、仰臥位の被験者膝窩部に電気刺激を与え、腓腹筋から表面電極法により導出した。

心拍数は、胸部双極誘導により観察した。呼吸曲線は、鼻孔に thermistor を装着して測定した。皮膚温は、前額部に thermistor を装着して測定した。

これら3つの信号は、ペンオシログラフにより記録した。

実験結果

1. 運動単位の放電特性に対する影響

副交感神経系緊張により単一運動単位の発火閾値は、低下した(control $1.7\text{kg} \pm 0.15$, test $1.6\text{kg} \pm 0.25$ $p < 0.02$)。眼球圧迫時の運動単位発火閾値の低下には、再現性がみられた。

図1Aに、一定張力(膝関節伸展張力)保持時の単一運動単位の放電間隔を示した。この時の保持張力は、 1.5kg であった。

図1Bに、張力保持後5秒より眼球圧迫を20秒間行なった時の放電間隔を示した。眼球圧迫開始直後から放電間隔が短くなった。その後ほぼ一定の値をとった。眼球圧迫開放後放電間隔は長くなり前値より長くなった。閉眼時には開眼時と同様の結果を認めた。

2. 単シナプス反射に対する影響

(1) 膝蓋腱反射

脊髄 α 運動神経の興奮性を推定する目的で、膝蓋腱反射の膝関節伸展反応角の大きさを求めた。

1試行を90秒とし、膝蓋腱反射の反応角の測定を15秒間隔で行なった。眼球圧迫は、5~25秒の間(20秒間)実施した。

図2に、以上の方法により得られた結果を示した。

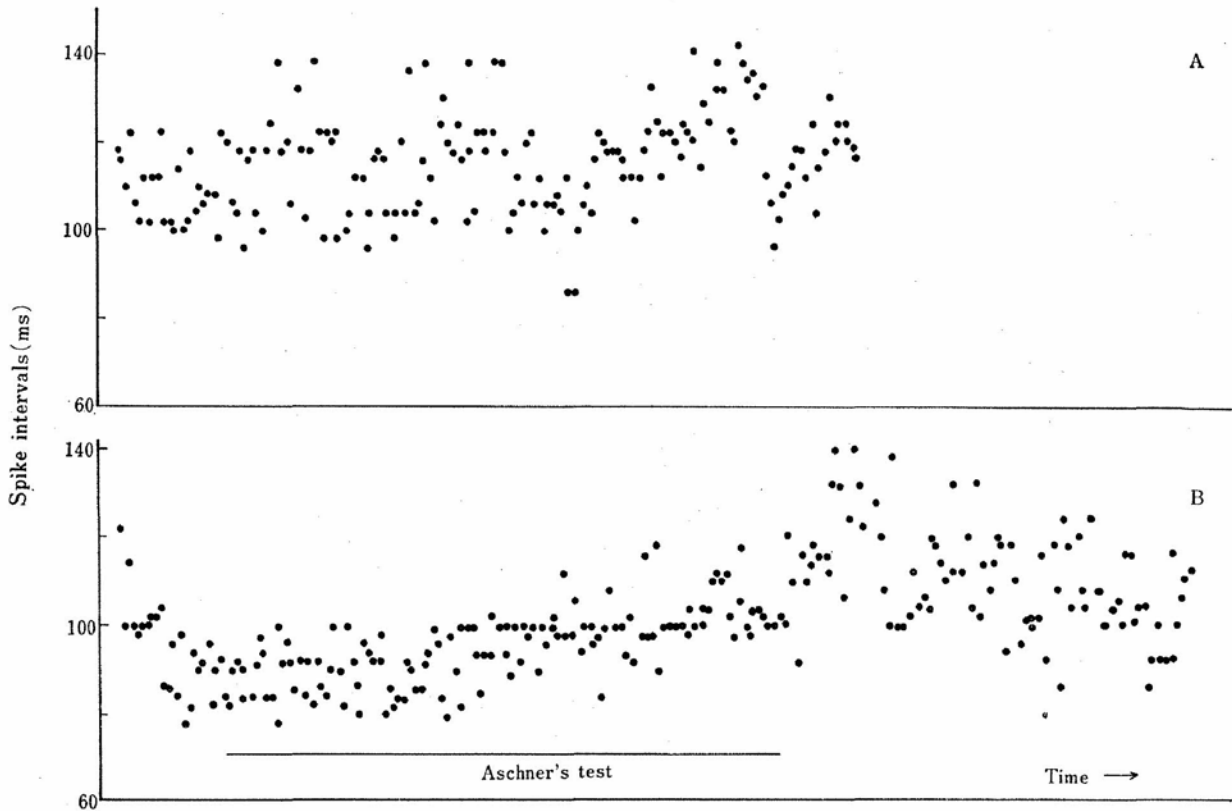


図1 Spike intervals of a single motor unit during the maintenance the constant tension

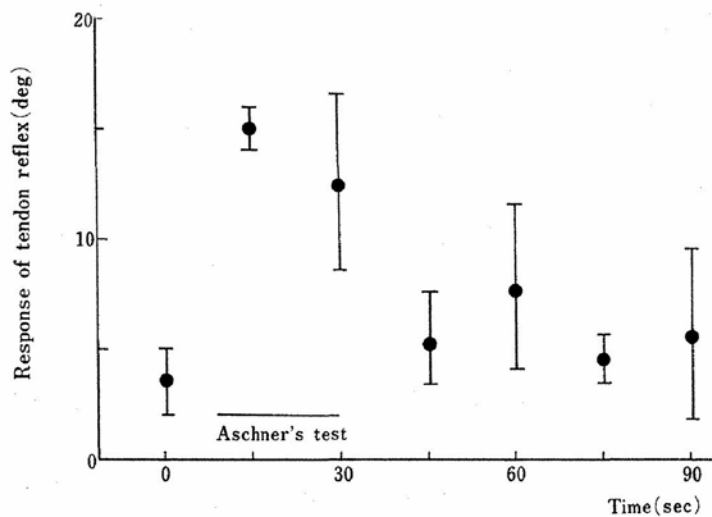


図2 Responses of the patera tendon reflex

● ; Points and bars indicates mean values and standard deviations respectively

眼球圧迫前の反応角度は、 $3.7 \text{度} \pm 1.25$ であったが、眼球圧迫により $15.0 \text{度} \pm 0.80$ (5秒)、 $12.4 \text{度} \pm 4.31$ (20秒) と変化し、明らかな反応角の増大が観察された。眼球圧迫開放後、膝蓋腱反射の反応角度は減少し、1分後には前値まで回復した。同様の結果が他の被験者にも観察された。

また、この結果には再現性があった。

(2) 誘発筋電図

脊髄 α 運動神経の興奮性を推定する他の指標として、誘発筋電図のH波の振幅を用いた。脛骨神経の電気刺激によって得られたH波の振幅の変化を図3に示した。

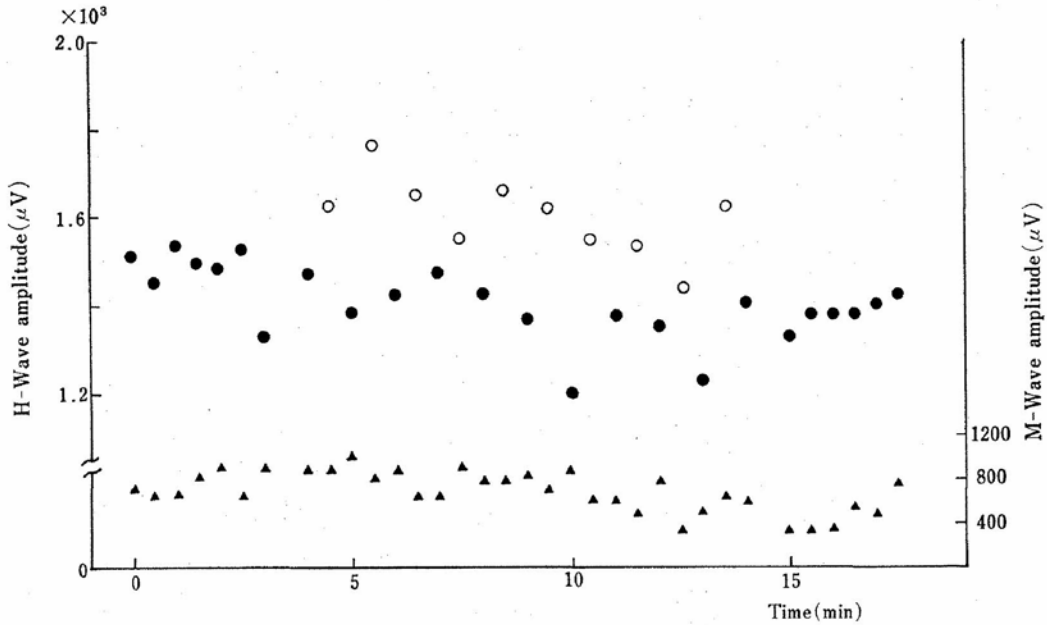


図3 Variation of the amplitude of H- and M-waves.
 ● ; data points during control phase
 ○ ; data points during test phase
 △ ; M-wave amplitude

電気刺激は、30秒間隔で行なった。眼球圧迫前のH波の振幅は、 $1376.0\mu V \pm 232.3$ であった。眼球圧迫は1分ごとに5秒間行なった。その結果、眼球圧迫時に明らかなH波の振幅の増大が観察された ($1601.5\mu V \pm 87.89$)。

以上2つの実験結果は、眼球圧迫により脊髄 α 運動神経の興奮性が増大したことを示唆していると考える。

3. 心拍数, 呼吸曲線, 前額部皮膚温に対する影響

図4に、眼球圧迫時の心拍数, 呼吸曲線, 前額部皮膚温の変化を示した。

副交感神経系緊張程度の指標として用いた心拍数は、すべての実験において反射的に抑制された。眼球圧迫が開始されると ECG の R-R 間隔は長くなり不規則な値を示した。心拍数減少および呼吸曲線の抑制は、眼球圧迫による明らかな副交感神経系の緊張状態を示した。前額部皮膚温は、 $0.2^{\circ}C$ 上昇した。

考 察

Aschner 眼球圧迫試験は、迷走神経系緊張を促進する要因であることが知られている。

本実験で得られた成績(心拍数の減少, 呼吸曲線の抑制, 前額部皮膚温の上昇)は、副交感神経系緊張の事実を示した。

以上の副交感神経緊張状態において随意運動の活動性は増大した(図1B)。つまり、一定張力を保持したにもかかわらず、眼球圧迫により単一運動単位の頻度は増加した。

脊髄 α 運動ニューロンの興奮性を観察するために、膝蓋腱反射の反応角および誘発筋電図におけるH波の振幅を観察した。図3, 4に示したように、膝蓋腱反射の反応角度は増大し、H波の振幅も増大した。これらの事実は、眼球圧迫により脊髄 α 運動ニューロンの興奮性が増大したことを示唆している。

随意運動における単一運動単位の放電間隔が短くなったのは、脊髄 α 運動ニューロンの興奮性の

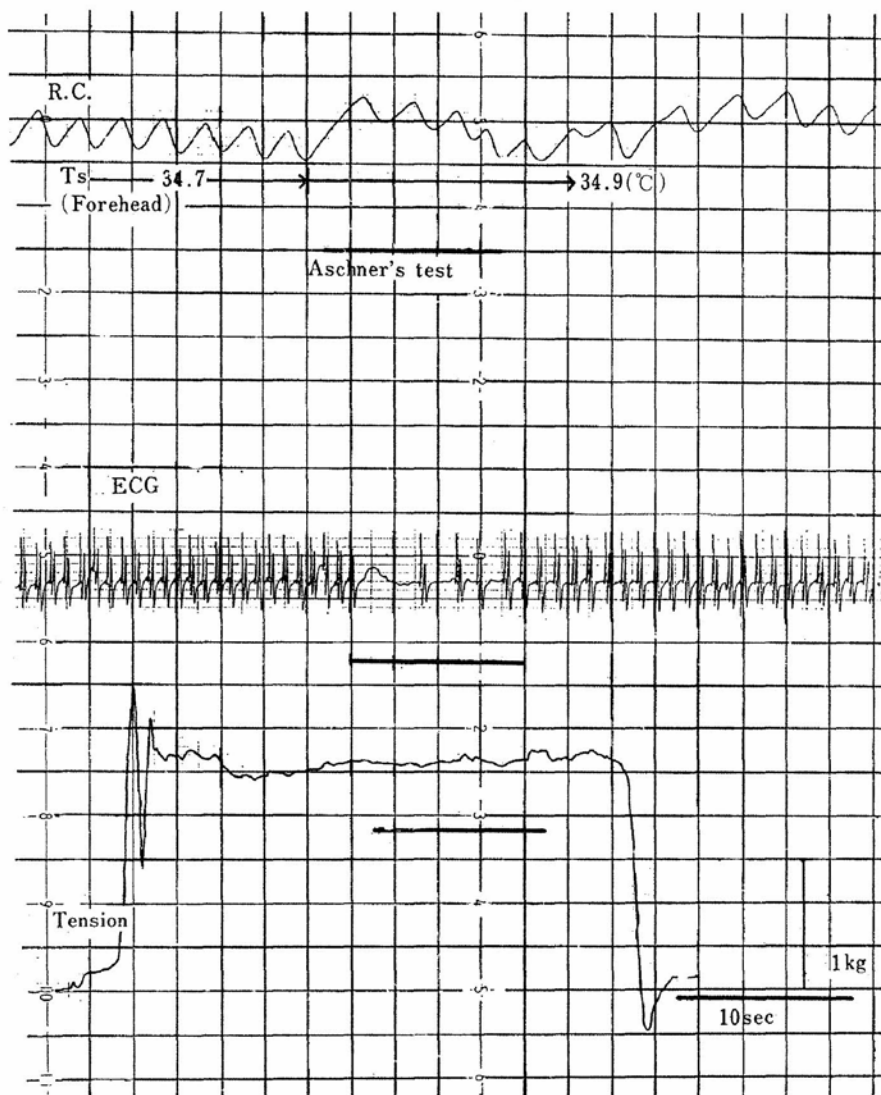


図4 One of the records of respiration curve (R.C.), ECG and tension. Numbers indicates under respiration curve mean skin temperatures (Ts). Bars indicate Aschner's test.

増大のためであろうと考えられる。

結 論

従来の考え方としては、交感神経系緊張時に運動系の活動性が増大するように考えられている。

しかし、本実験では、副交感神経系緊張においても、脊髄α運動ニューロンの興奮性が増大する結果を得た。本実験のような急激な副交感神経系緊張状態を呈することにより、生体はアンバランスな反応を示したと考えられる。

これらのことから、いつ運動すれば生体のアンバランスな反応を起こさないように運動すること

ができるかという、運動処方上の基本的な資料を本実験結果は提供できたと考える。

(稿を終わるにあたり、御指導、御校閲を賜わった慈恵医大、第一生理学教室増田允教授、馬詰良樹助教授、横浜国大保健管理センター内野欽司教授に深謝いたします。また、本研究に御援助いただきましたデサントスポーツ科学振興財団に深謝いたします)。

文 献

- 1) Urbscheit, N. and Bishop, B.; Effect of cooling on the ankle jerk and Hresponse. *Physical Thrapy* 50 (7), pp. 1041 (1970)

- 2) 上岡文雄 ; 体力に関する研究 (11), 日本生理誌, 8, p. 288—298 (1943)
- 3) Magladery, J.W.; Some observation on spinal reflex in man. *Pflügers Archiv* 261, p. 302—321 (1955)

- 4) Morimoto, S., Umazume, Y., and Masuda, M.; Properties of spike potentials detected by a surface electrode in intact human muscle. 30, *Japanese J. Physiology* 30, p. 71—80 (1980)