

Influence on Nervous system of C.elegans by Exposure to 60Hz Magnetic Fields

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-05 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/2297/2356

商用交流磁界の線虫神経系および筋収縮への影響評価

金丸聡志¹・柿川真紀子²・岩原正吉¹・山田外史²

¹〒920-8667 金沢市小立野2-40-20 金沢大学大学院自然科学研究科 電子情報システム専攻；²〒920-8667 金沢市小立野2-40-20 金沢大学自然計測応用研究センター

Satoshi KANAMARU¹ Makiko KAKIKAWA² Masayoshi IWAHARA¹ Sotoshi YAMADA²: Influence on Nervous System of *C.elegans* by Exposure to 60Hz Magnetic Fields

1. はじめに

近年、磁気刺激によるパーキンソン病、うつ病、神経分裂病など精神病への治療効果が報告されている。神経細胞においては、神経伝達物質による電気シグナルによって信号伝達が行われているため、磁界によって生じるうず電流による効果と考えられている。しかしながら、これらは臨床研究の報告が多く、分子レベルでの磁気効果に関するメカニズムは解明されていない。そこで本研究では、神経回路網および分子レベルでも知見の多い線虫*C. elegans*を用いて、磁界の神経機能への影響評価を行ったので報告する。

2. 線虫の咽頭筋電図解析

線虫は、餌である大腸菌を体内に取り入れてすりつぶし、腸に送り込む作業を咽頭で行う。その際、筋肉の活動により微弱な電流が発生し、線虫の口から電流が流れ出る。本研究では線虫咽頭の筋電図を計測する手法であるElectro Pharyngeal Gram法(以下EPG) [1, 2]を用いることにより、線虫神経系への影響評価を行った。曝露する磁界は60 Hz、磁束密度は0.25 Tと0.5 Tについて、 $T = 20^{\circ}\text{C}$ の制御下において磁界曝露群をExposure、非曝露群をControlとする。60分のELFMs 曝露後、線虫の下半身をのりで固定し、神経伝達物質セロトニンを入れた液体中に沈める。このセロトニンにより、摂食運動が誘発され、咽頭の筋肉が活動し始める。線虫の咽頭に、電極を付けたガラス管をかぶせ、図1に示すような閉回路を作り、数百pAレベルの活動電流をアンプで増幅して検出する。図1において R_p はピペット抵抗、 R_s はガラス管と線虫表皮の間の抵抗、 C_m および r_m は細胞膜のキャパシタンスと抵抗である。細胞膜を通過して流れ出す電流を $i(t)$ 、アンプへの入力電流を $i_i(t)$ とすると電気回路は図2のように示すことができる。線虫咽頭で発生する電位差を $v(t)$ として $v(t)$ と $i(t)$ の関係式を求めると式(1)のようになる。式(1)において $1/r_m \gg C_m$ であるとなっているので測定される電流は式(2)と表すことができ電圧信号を観察できる。

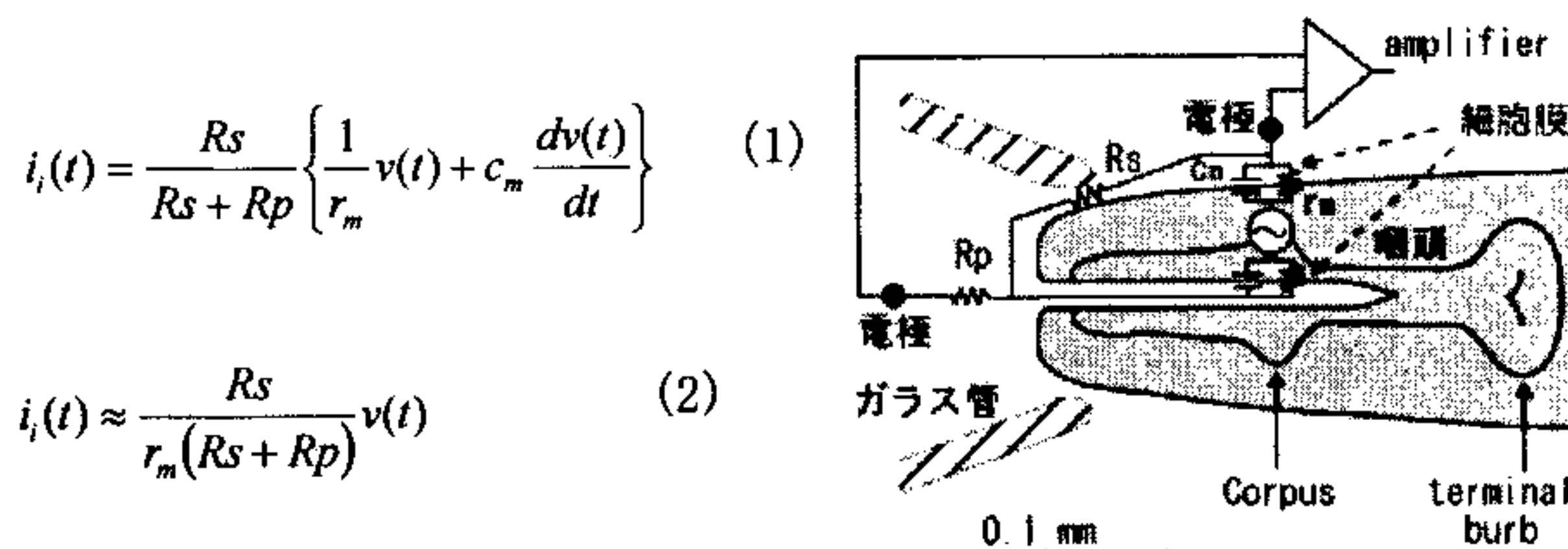


図1 EPG等価回路

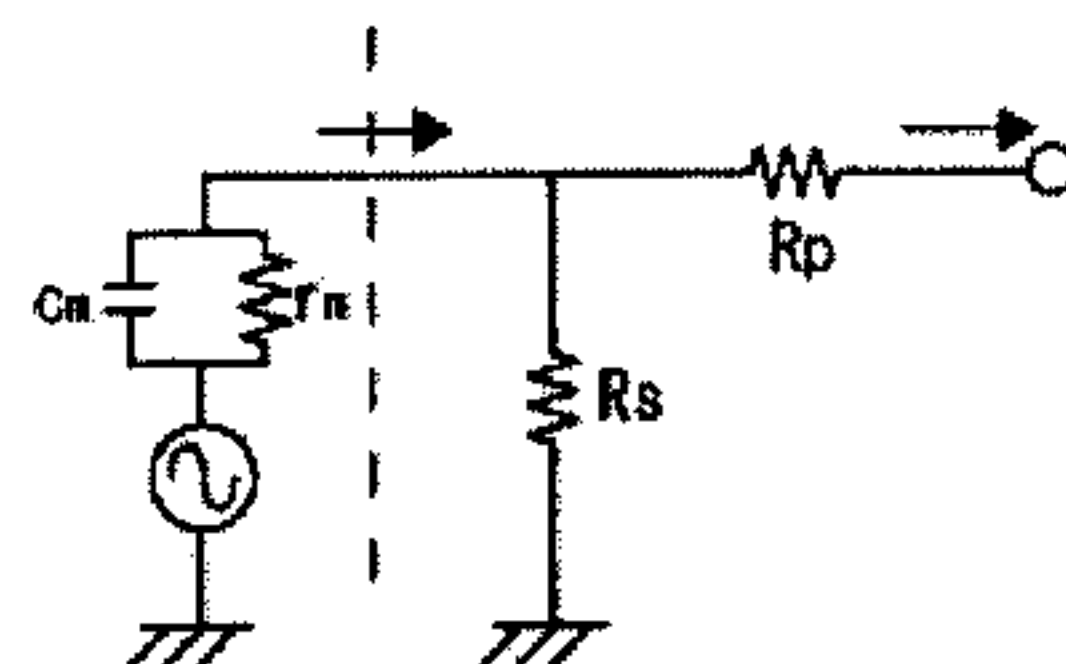


図2 等価回路

3. EPGの波形比較

筋肉は興奮性及び抑制性の運動ニューロンによって支配されており、ニューロンが発するパルス刺激により緊張や弛緩を行う。線虫の咽頭筋は、緊張を促進するMCニューロンと弛緩を促進するM3ニューロンにより支配されている^[3]。運動ニューロンとEPG波形の対応を図3に示す。MCニューロンの活動に伴って咽頭筋が緊張し、M3ニューロンの活動により弛緩が促進される。図中の記号は摂食運動の各状態 (Corpusの緊張[E1]→terminal bulbの緊張[E2]→terminal bulbの弛緩[R1]→Corpusの弛緩[R2]) と対応している。図4にControl, ExposureのEPG波形を示す。磁界曝露によってEPG波形の概形において大きな違いは観測されない。サンプル数は、Controlが55, 0.25 Tが12, 0.5 Tが54である。緊張から弛緩までの時間にばらつきがあることから、咽頭筋の緊張から弛緩にかかる時間E2-R1の平均値を比較した。0.5 Tの場合に減少傾向がみられたが、統計的には有意な差は確認されなかった。また、緊張および弛緩の際に流れる電流E2, R1の値を平均したものを図6と図7に示す。これらの結果より、E2の値は磁界強度が大きくなるとともに減少し、R1は0.5 Tの場合にのみ電流が減少することが示された。

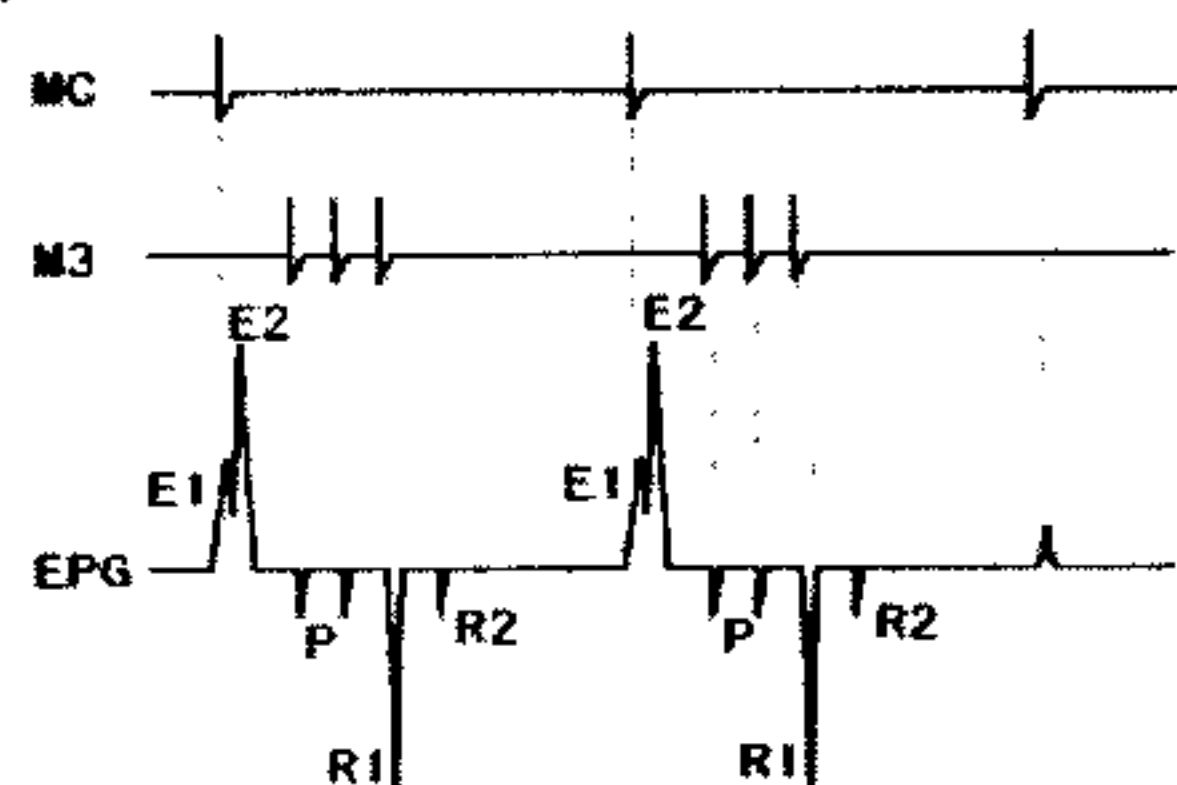


図3 EPG波形と運動ニューロン

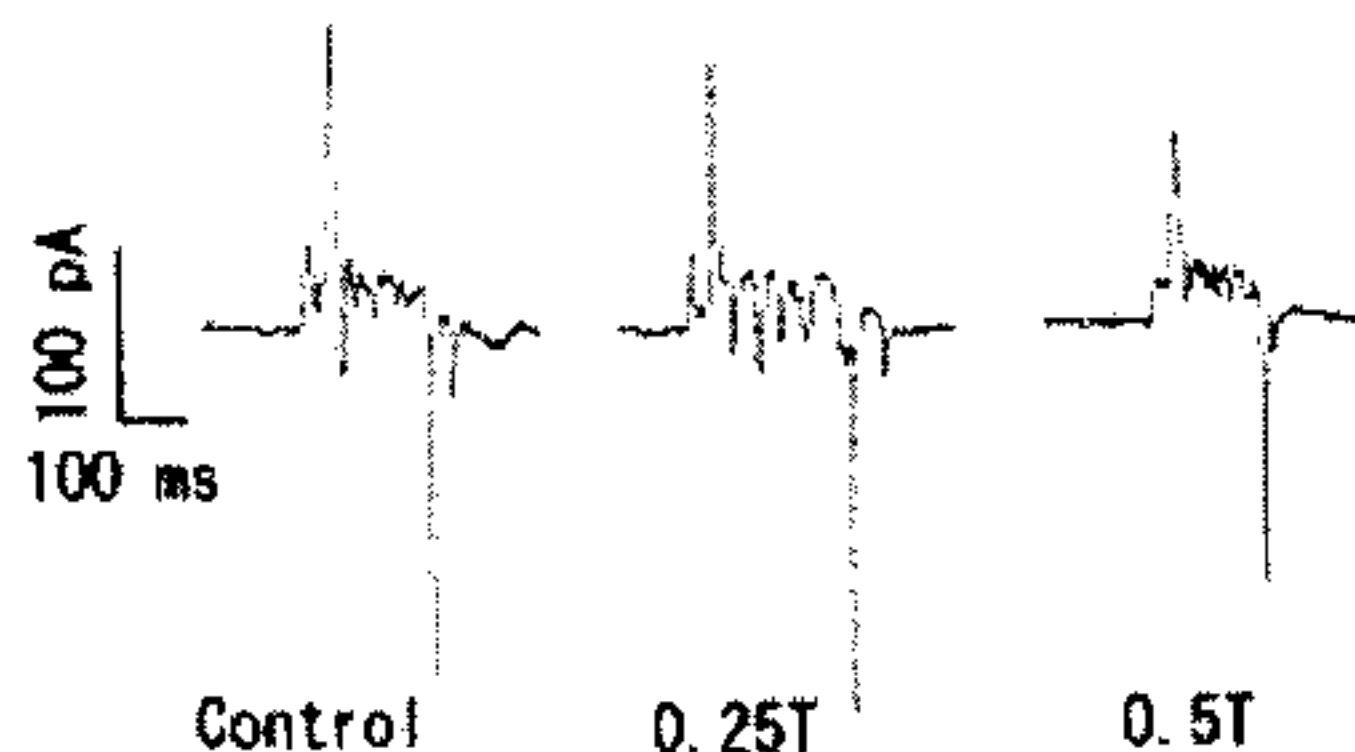


図4 EPG波形

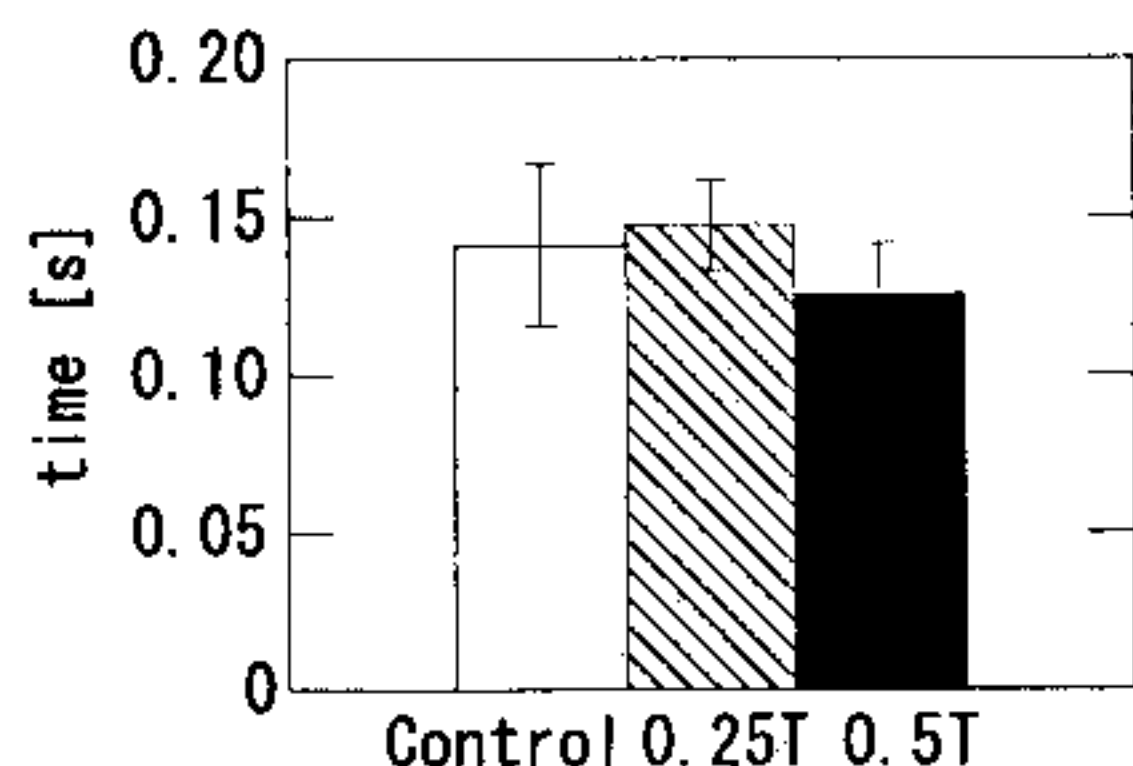


図5 緊張-弛緩の時間平均値

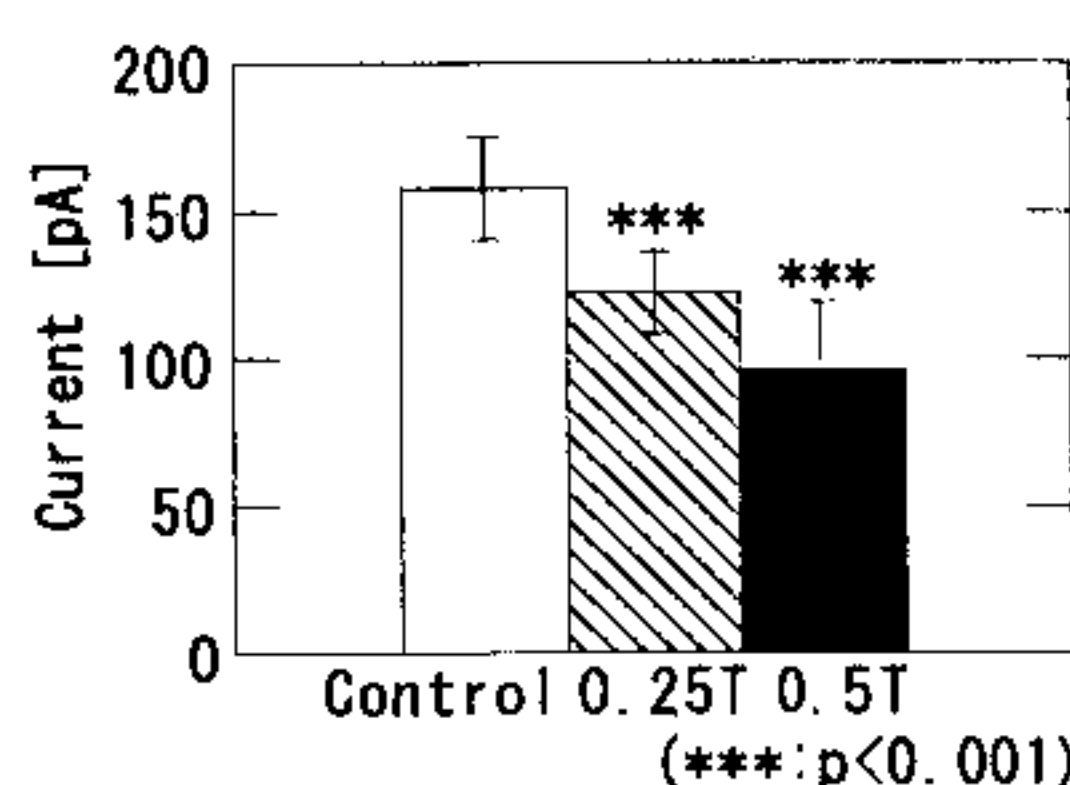


図6 緊張時の電流平均値

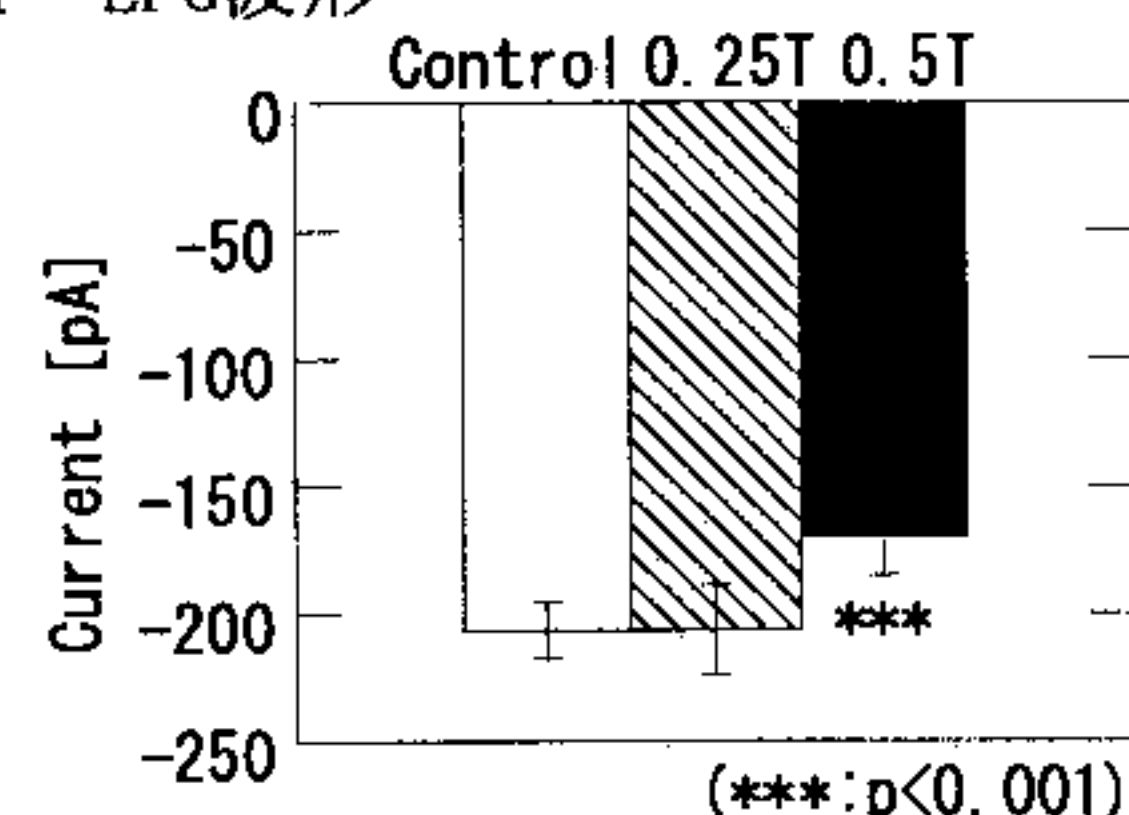


図7 弛緩時の電流平均値

4. まとめ

緊張-弛緩にかかる時間には、弛緩を促進するM3運動ニューロンが大きく関わっており、M3ニューロンを破壊した株においてはP波が消失し緊張-弛緩にかかる時間が冗長することがわかっている。0.25T, 0.5Tのいずれの場合においても有意な差を確認することができなかったことから、M3ニューロンの活動に対して磁界の影響は低いと考えられる。また緊張時の電流は磁界強度に依存して小さくなる傾向が認められ、弛緩時の電流は0.5 Tの磁界曝露時にのみ減少した。これらの結果より神経伝達物質の受容体やイオンチャネルへの磁界の影響が示唆された。

今後の課題として、線虫は神経回路網の知見も多いことから、行動解析を含めた、磁界の神経系への影響を検討する必要がある。

参考文献

- [1] Leon Avery, David Raizen, and Shawn Lockery; "Electrophysiological Methods" in *C. elegans: Modern Biological Analysis of an Organism*, HF Epstein and DC Shakes, eds, Academic Press, New York, pp 251-269, (1995).
- [2] Donald L. Riddle; "C. ELAGANS II", Cold Spring Harbor Laboratory Press, pp 679-716, (1997)