

骨骼肌强直性和紧张性神经肌肉装置的 的良性与劣性反应的比较研究*

黄 溢 明

(生物系)

在蛙的普通神经肌肉标本中,刺激神经引起肌肉良性和劣性的收缩,从维金斯基(Введенский, 1886)开始,曾经进行过系统的研究[1-9]。但是,目前已经确定,在蛙的神经肌肉系统中存在着两种不同的(强直性和紧张性)神经肌肉装置[10]。这样,自然会产生疑问:良性和劣性反应在这两种不同的装置中是否都能产生呢;在专门分化了的强直性和紧张性神经肌肉装置中,良性和劣性现象是否有不同的表现呢;为了回答这些问题,我们认为有必要在这两种不同的神经肌肉装置中对良性和劣性反应进行比较研究。

实验方法及结果

强直性和紧张性的神经肌肉装置是从草蛙(*Rana temporaria*)的小脰骨肠肌

(m. ileofibularis)及其支配的神经(n. ischiadicus)中采用切断不同神经分支的方法制备的[11]。刺激的引起是利用产生矩形脉冲的电子刺激器来实现的。刺激的强度和频率可以单独地进行调节。肌肉收缩是在等张性条件下描记在记纹鼓上。在有些实验里,借助阴极示波器同时记录肌肉的动作电位。方法的详细说明与前文所述相同[12]。

实验包括两部分,现分述如下:

(一)在强直性神经肌肉装置 中对刺激频率和强度的 良性与劣性反应

如果当刺激强度不变时,以不同的刺激频率作用于神经,那么,肌肉强直收缩的高度随着刺激频率的加速而增

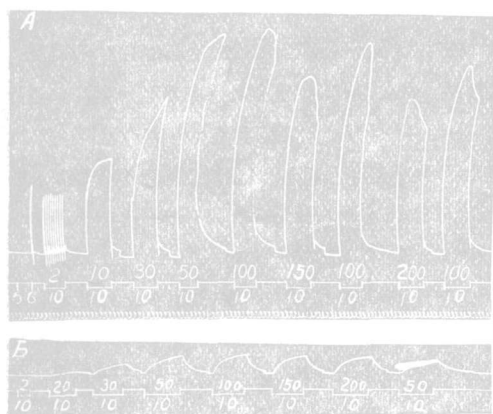


图1 当不同的刺激频率作用于神经时(强度不变),强直性(A)和紧张性(B)神经肌肉装置的收缩。

从上至下:肌电图,刺激标记;时间标记(秒)。靠近刺激标记的数字:上——刺激频率(秒);下——刺激强度(电位计的分度单位)。

* 本文是根据作者在苏联列宁格勒大学所完成的学位论文资料整理的。

长。但是,最大的收缩只是在一定的刺激频率时出现。频率的进一步增加不再引起收缩的升高,相反导致收缩的下降。从图1, A可以看出,当强度为10个电位器分度单位(下面简称单位)和频率为每秒100次时,强直收缩的高度达到最高点。当强度相同(10个单位),频率为每秒150次时,强直收缩的高度有明显的下降(劣性反应)。频率减少到每秒100次时,又重新引起收缩的增高(良性反应)。

当急剧地变换连续作用于神经的刺激频率时,同样能观察到强直性神经肌肉装置的良好和劣性反应。在图2, A中看到,当强度为10个单位时,以每秒100次的频率刺激神经引起强直性装置的良好收缩。把频率迅速地转变为每秒150次时,则出现收缩高度的降低(劣性反应)。把频率每秒150次回复到原来的数目(每秒100次)则收缩很快地变为良好。

当刺激的频率恒定,而刺激的强度改变时,在强直性神经肌肉装置中同样出现良好和劣性现象。图3中的肌动图A表明,当频率每秒100次时,以10个单位的强度作用于神经引起最大的强直性收缩。刺激强度的增加导致收缩的下降。例如,当刺激强度为16或者20个单位时,强直收缩很明显地下降(劣性反应)。可是,当强度减弱时(12个单位),强直性的收缩又重新增强(良性反应)。

如果当节律性的刺激连续不断地作用于神经时,急剧地变换刺激强度的话,那么,同样可以观察到强直收缩的良好和劣性反应。从图4, A中明显地看出,当频率每秒150次时,以16个单位的刺激强度作用于神经则引起肌肉快速的强直性收缩,经过1—2秒钟以后,这种收缩便逐渐下降。可是,当刺激强度减弱到10个单位时,很快地又引起强有力的收缩(良性反应)。刺激强度转为更强时(15个单位)立刻又引起收缩的下降(劣性反应)。这种现象可以重复出现好几次。

(二) 在紧张性神经肌肉装置中对刺激频率和强度的良好与劣性反应

在紧张性神经肌肉装置中看到的却是另一种景象。正如图1, B所示,当强度为10个单位时,频率每秒50次的刺激引起最大的紧张性收缩。当刺激频率增加时(每秒100, 150和200次),收缩的高度没有变化,不出现劣性的松弛。在一定的刺激强度连续作用

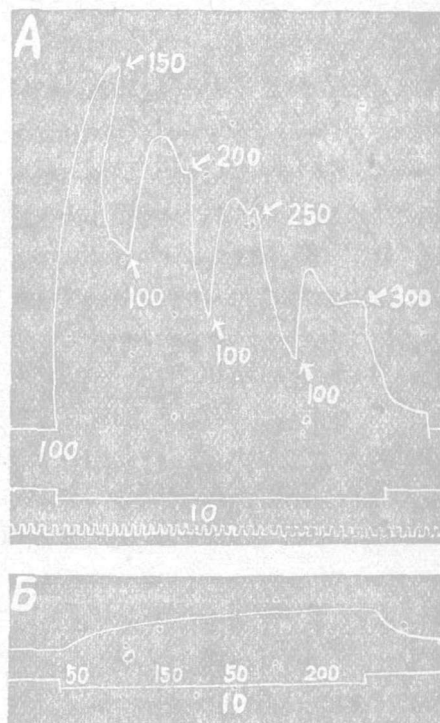


图2 当急剧地变换连续作用于神经的刺激频率时(强度不变),强直性(A)和紧张性(B)神经肌肉装置的收缩。

靠近肌动图的数字为刺激频率(秒)。其余的解释与图1相同。

于神經時，頻率的改變也不能引起肌肉收縮的劣性效應（圖2，B）。

至于緊張性神經肌肉裝置對不同的刺激強度的良性和劣性反應，從圖3，B的肌動圖中可以看出，當頻率每秒50次時，以強度8—10個單位的刺激作用於神經引起肌肉最大的收縮。刺激強度的進一步提高不引起收縮的降低。當節律性的刺激連續作用於神經時，強度從10個單位改為18個單位同樣也不引起收縮的鬆弛（圖4，B）。這樣看來，在緊張性神經肌肉裝置中，當刺激強度改變時劣性反應也不會出現。

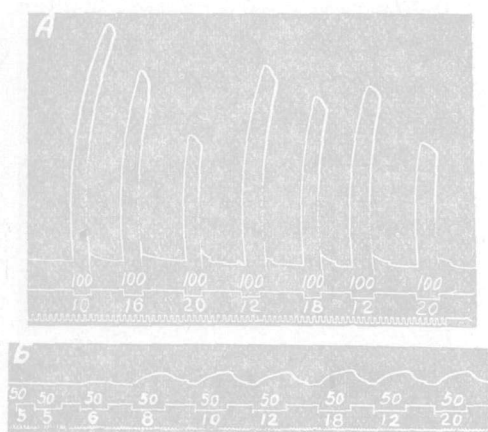


圖3 當不同的刺激強度作用於神經時（頻率不變），強直性（A）和緊張性（B）神經肌肉裝置的收縮。其餘的解說與圖1相同。

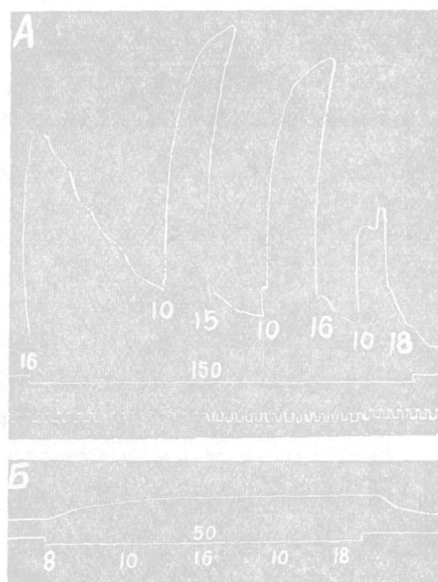


圖4 當急劇地變換連續作用於神經的刺激強度時（頻率不變），強直性（A）和緊張性（B）神經肌肉裝置的收縮。

靠近肌動圖的數字為刺激頻率（秒）。其餘的解說與圖1相同。

討 論

根據上述肌動圖的資料，造成這樣一種印象：即對刺激頻率和強度的劣性反應只有在強直性的神經肌肉裝置中出現，而不發生在緊張性裝置中。

但是，有些研究資料^[13, 14]認為，當刺激頻率超過一定限度時，在緊張性神經肌肉裝置中肌肉的動作電位也發生變形。因而，劣性狀態在緊張性裝置中也能產生。

為了驗證這種情況，我們在不同的刺激頻率和強度所引起的緊張性收縮時記錄了肌肉的動作電位。圖5是當作用於神經的刺激頻率變化時所指記的肌肉動作電位。從圖中可以看出，當刺激頻率每秒50次替換為每秒100次時，雖然緊張性收縮沒有變化，但很明顯地出現單相肌肉動作電位幅度的下降和持續時間的縮少。在圖6中見到，刺激強度

从10个单位变换为20个单位时（频率每秒50次），同样也发生单相肌肉动作电位幅度的下降。

这些事实使我们相信，紧张性的神经肌肉装置也具有对刺激频率和强度的劣性反应的能力。在紧张性神经肌肉装置中，和在强直性装置中一样，在神经肌肉终板部分也发生过渡频繁的神經冲动的阻滞和节律的变形。

如果是这样的话，那么，又怎样来理解减弱（被阻滞）从神经到肌肉的冲动的作用而不导致紧张性装置的肌肉收缩的松弛呢？我们的工作^[12]曾经证明，紧张性的收缩是由连续的局部性兴奋来维持的。这种兴奋状态的特点是持续时间较长，复原也比较慢。因此，在劣性反应时，肌肉紧张性收缩的松弛不能明显地表露出来可能和这种兴奋状态有关。此外，有资料^[15、16]证明，当紧张性收缩时，出现肌肉胶体粘滞性的增长。很可能，这种粘滞性的增长，当劣性反应时，给紧张性收缩的松弛造成一定的困难。

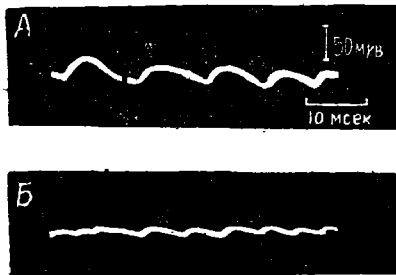


图 5 紧张性神经肌肉装置的单相肌肉动作电位。

A——当刺激频率每秒50次时（强度10个单位）。

B——当刺激频率每秒100次时（强度10个单位）。



图 6 紧张性神经肌肉装置的单相肌肉动作电位。

a——当刺激强度8个单位时；

б——当刺激强度10个单位时；

в——当刺激强度16个单位时，

г——当刺激强度10个单位时；

д——当刺激强度18个单位时；

刺激频率在所有场合下均为每秒50次。

结 语

对刺激频率和强度的良好和劣性反应在强直性和紧张性的神经肌肉装置中都能产生。按照能使神经冲动在神经肌肉终板中变形这点来说，紧张性和强直性神经肌肉装置没有什么区别。可是，劣性的松弛（收缩的机械效应）在紧张性神经肌肉装置中不表现，或者表现得象在强直性装置中那样明显。造成这种状况的原因可能是由于局部性兴奋状态的存在，以及当收缩时，在紧张性肌纤维中胶体系统的粘滞性增长的缘故。

参 考 文 献

- [1] Введенский Н. Е., О соотношениях между раздражением и возбуждением при тетанусе (1886). Полн. собр. соч., 1951, 1, 11.

- [2] Keith—Lucas, On the transterence of the propagated disturbance from nerve to muscle with special reference to the apparent inhibition described by Wedensky. J. physiol., 1911,43,46.
- [3] Гоцпридзе А. М., Исследование пессимального и оптимального эффектов мышцы при Раз личных условиях Деятельности. физиол. Журн. сср, 1935,19,1031.
- [4] Делов В. Е., Электрографическое исследование пессимума Введенского в зависимости от силы раздражения. физиол. журн. сср, 1936,21,908.
- [5] Уфлянд Ю. М. И Н. А. Шопина, Оптимум И пессимум длительности отдельного стимула. физиол. журн. СССР, 1937,23,187.
- [6] Гуляев П. И. И В. С. Шевелева, Колебательная система моторной единицы. Труды Лен. об-ва естеств., 1940,68,13.
- [7] Грибоедова Е. А., Пессимум силы раздражения для различно тонизированных мышц. Труды лен. санит.-гигиен. мед.ин-та, 1950,7,167.
- [8] Леушина Л. И., Сезонные изменения мышечных волокон. Бюлл. exper. биол. и мед., 1952,33,51.
- [9] Воронов Ю. А., Пессимум силы и частоты раздражения и природы нервного импульса. Диссертация. Л., 1956.
- [10] 黄溢明: 关于骨骼肌强直性和紧张性的神经肌肉装置问题的研究, 《中山大学学报》, 自然科学版, 1961, 4, 35.
- [11] 黄溢明: 蛙的骨骼肌紧张性神经肌肉标本制作的新方法。(未发表)
- [12] 黄溢明: 骨骼肌紧张时兴奋状态特征的研究, 《中山大学学报》, 自然科学版, 本期。
- [13] Жуков, Е. К., Явление оптимума и пессимума в тоническом нервно-мышечном приборе. физиол. Журн. СССР, 1957,43,1113.
- [14] Бекава Г. Л., Пессимум тонического компонента скелетной мышцы. Сообщ. АН Груз. С-С Р, 1958,20,99.
- [15] Верещагин С. М., Жуков Е. К. И Леушина Л. И., К Вопросу О роли парабитинеского возбуждения в тоническом сокращении поперечнополосатой мышцы. физиол. журн. СССР, 1950,36,673.
- [16] Жуков Е. К., Вязко-пластические свойства тонического аппарата скелетной мышцы. физиол. Журн. СССР, 1956,42,95.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ И ПЕССИМАЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ
ТЕТАНИЧЕСКИХ И ТОНИЧЕСКИХ НЕРВНО-МЫШЕЧНЫХ ПРИБОРОВ
СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЫ

Хуан И-мин

/ Гуанчжоу /

РЕЗЮМЕ: Тетанические и тонические нервно-мышечные приборы готовились из под-
здошно-малоберцовой мышцы с иннервирующим её нервом лягушки. Опыты разделялись на
две группы. В опытах первой группы производилось изучение оптимальной и пессимальной

реакции на разную частоту раздражения при постоянной силе раздражения. Вторая группа опытов посвящена изучению оптимальной и пессимальной реакции на раздражения при постоянной частоте.

Проведенные нами эксперименты позволяют прийти к следующему заключению: При усилении и учащении раздражения оптимальные и пессимальные реакции развиваются и в тетанических, и в тонических нервно-мышечных приборах. По своей способности к трансформации первых импульсов в области нервно-мышечных окончаний тонические нервно-мышечные приборы ничем существенно не отличаются от тетанических. Однако, пессимальное расслабление (механический аффект) в тонических нервно-мышечных приборах не выражено или выражено не так наглядно как в тетанических. Это обстоятельство может быть объяснено наличием местного возбуждения и медленно обратимым возрастанием вязкости коллоидных систем в тонических мышечных волокнах при их сокращении.

Приношу искреннюю благодарность проф. Е. К. Жукову за руководство работой.