

电生理学文献二则

人民卫生出版社

电生理学文献二则

- 一 反射学說中的电生理学方法(沙莫依洛夫)
- 二 反駁生理学中所謂的“全或无”定律(納索洛夫, 罗森塔尔)

徐端椿 梅懋华 譯

人民衛生出版社

一九五八年·北京

內 容 提 要

本書第一篇文章系已故苏联电生理学家沙莫伊洛夫所著。此文簡單地敘述了电生理学及电生理学仪器历史发展的主要資料,特別对电生理学方法在反射学說中的应用詳加敘述,例如对中枢兴奋与抑制的本質、中枢性节律、交互支配及意識运动等都作了較詳細的說明。第二篇是以遞变傳导的理論批駁全或无律的文章,說理清楚,立論充分。這兩篇文章都是生理科学工作者及高等医学院校学生有价值的參考資料。

电生理学文献二則

開本: 787X1092/32 印張: 2 15/16 字數: 63 千字

徐端椿 梅懋华 譯

人 民 衛 生 出 版 社 出 版

(北京書刊出版業營業許可證出字第〇四六號)

• 北京崇文區錢子胡同三十六號 •

人民卫生出版社
長春印刷厂印刷 · 新华書店发行

統一書號: 14048 · 1451
定 價: (9) 0.36 元

1958年2月第1版—第1次印刷
(長春版) 印數: 1—1,600

一 反射學說中的電生理學方法

沙莫依洛夫

在人類的一切事業和事件的过程中，有些時候要停下來回顧以往，並總結他所經過和感受到的一切。在科學中也是這樣，科學本身要求掌握它的成就，並給它以估價，而這樣，對於將來的工作又能給予勇氣和方向。當然，如果這工作做得特別滿意，則可使大家体会到這些成就的價值。我感謝代表大會常務委員會，給了我在此選擇和敘述今天報告的題目中發揮我的主動精神的可能性，並給予我以支持和信任。

我所選擇的題目是關於電生理方法在闡明反射過程上的作用問題。在謝切諾夫首先發表了“腦的反射”，巴甫洛夫繼而發表了“條件反射”的國家里，我把意識現象歸於反射的領域未必還需要証實了。自然，我首先由電生理學範圍中選擇了這個論題，主要是因為我對這些章節感興趣。此外可能是這樣一種思想指導着我，即希望消除現在我們往往還遇到的對生理學知識的這個領域的消極的甚至是不信任的態度。而這個領域是被不公平地描述為純理論和抽象的部門，遠離了生理學的主要目的。誠然，電生理學的本身也可能無意地給予了這方面的口實。

電生理學通過了很奇異的、特殊形式的或許也是艱巨的道路加入到生物學知識部門中來。電生理學之父加萬尼抱定研究動物機體電生理現象的目的，實際上是很偶然的。他那時的物理學只知道充電與放電，而事實上，動物體內電現象也表現為電流的形式。可以說，幸運的機會使解剖學家與生理

学家加万尼在物理学和生理学的领域内赤手空拳地获得了两大发现。首先，他得到了这样的实验条件，在这样的实验条件下电流可能作为物理现象出现；其次，他用他的“无金属收缩”证明了动物体内电现象的存在。做所有这些实验，正象我们能赤手空拳表演出来一样，是不需要任何能测定电流的仪器的。因为这些仪器在加万尼时代是没有而且不可能有的。作为电源的青蛙的腿同时又是电流的指标。当然青蛙腿的这种双重作用乃是进一步分析动物电的障碍，而加万尼在发现无金属收缩以后也就不能前进了。但是为自己的成就所鼓舞以及充满着热情的加万尼却在他自己的幻想中走得很远，他觉得动物体内电现象存在的证明可以说全部秘密在于去除皮肤，这样，他就说“现在一切全明白了”。他企图以他的实验的朴素内容来解释兴奋过程的全部现象。他觉得不同神经疾患的形式甚至它们的治疗方法都已经很清楚了。

自然科学的各部门的历史是并肩前进的，任何一门科学的历史不能也不应当跑得太远，跑得太远，就会带来很长时期的停滞。电生理学也发生了同样的情形：加万尼的成就及电生理学的创造者本身在很长一段时间内被遗忘了，关于动物电学说的这些初步特点，由于缺乏与研究目的相适应的仪器和过分夸大了所得的结果，在有了动物电历史以后也曾被遗忘。因此，这就是损害这些学说名誉的根源。

以杜薄雷蒙为代表的电生理学的第二次繁荣，同样产生了低落和停滞时期。当然，杜薄雷蒙有他很有利的条件，他掌握了微量电流计（Мультипликатор），他自己善于制造这种电流计，并且巧妙地应用了这种电流计，给予它很高的评价。象我们现在所正确了解的一样，这种电流计对于电生理学的研究毕竟是没有什么用处的。杜薄雷蒙用他的微量电流计在肌肉

和神經上发现了靜止电流以及靜止电流的負性变化，但是在杜薄雷蒙的时代，蛙的标本究竟要比微量电流計更有效。在任何情况下，对于負性变化的本質問題，以繼发收縮的實驗形式透露出来的比微量电流計透露出来的要多。在所謂繼发收縮或马特烏奇的實驗中，我們在一个神經肌肉标本的肌肉上放置另一神經肌肉标本的神經：如果用断續电流刺激第一个标本的神經，那么不仅第一个标本的肌肉发生强直，而且第二个标本的肌肉也发生强直。因为强直是脉冲現象，所以应当假定，第二个标本的神經是被脉冲性刺激所兴奋。其次，由此可以得出結論，第一个标本上发生强直的肌肉不是产生与負性变化相一致的表现为微量电流計的完全偏轉的連續不断形式的电效应，而是产生脉冲形式的电效应，这种脉冲电流刺激了位于第一个标本肌肉上的第二个神經，因此第二个肌肉就发生了强直，杜薄雷蒙在发现負性变化以后沒有繼續前进，而他对这些成就的估价正如加万尼一样，大大超过了它的实际价值。

但是实际生活沒有等待，生理学的思維接近并且提出了电生理学的根本問題与任务。

赫尔姆荷尔茨曾經証明用断續电流刺激肌肉时，肌肉所发出的声音与电流断續的数目相一致。因此，当肌肉随意收縮时，可以按照肌肉的声音来断定由中樞神經系統发放的兴奋冲动的数目。就这样，他提出了关于中樞神經系統的机能——即关于中樞神經系統的节律和这些节律的形成等最深刻的問題，这些任务使我們进入了这个题目的最重要的方面。

肌肉是一种器官，借着它的帮助，我們可以对我們周圍的自然界起作用并且征服它；同时肌肉对我們有用的不是它的

单一收缩而是它的强直收缩。肌肉无条件要求由中枢神经系统给以频率的节律冲动形式的刺激，肌肉有权利提出这种要求，因为正如我们日益了解的一样，在这个基础上，肌肉又给中枢神经系统以影响。如果说全部组成我们工业与艺术中的财富是由人类的“手”所创造的话，亦即由于肌肉的强直收缩所完成的话，那么，当然关于中枢神经系统中节律发生的问题乃是生理学知识的根本问题。

杜薄雷蒙时代的电生理学不仅不能解决关于中枢神经系统冲动节律的任务，而且也没有能够接近这个任务。杜薄雷蒙所能作的仅限于很简单的以及实质上内容不确定的所谓随意收缩（Willkürversuch）。他用电极插入自己的上肢，用导线将电极联至微量电流计，并使一侧上肢发生最强的收缩，由此，电流计上的针发生偏转。他不止一次地表演了这个实验，甚至在巴黎科学院会议上也表演了这个实验。从不久前发表的他与卢德维希的通讯集中可以看出，他过高地估价了他的这些成就。杜薄雷蒙不能再继续前进了，因为他没有能够测定很弱而又经过很快的生物电流的仪器。

我还记得：45年以前的夏天，仅仅作为一个中学毕业的青年的我，偶然参加了敖德萨的医生与自然科学工作者代表大会。一个很年青的人——维金斯基走上了许多听众的讲台，我记得听众是如何集中注意力寂静地听着维金斯基的叙述。他说，当他把两颗针插入他手上的肌肉并用电线将这些针与电话机联接时，他听出了他体内肌肉收缩的動作电流发出的电话音。在讲堂内，他用自己的嗓子模仿他在电话机中听到的那些声音：在马路上很远行驶的马車轆轤音，喧嚣声。维金斯基的报告在当时产生了巨大的影响，这是他应该获得的。如果认为电生理学缺乏测定经过迅速的电流的仪器的话，那

么，应当认为維金斯基采用电话机实际上是极其成功的。在維金斯基的时代更完善的仪器是没有的，可以说維金斯基是这种仪器的能手，正如我們所知道的，許多人在他的帮助下成功了。但是当使用这种仪器时，这种方法毕竟还带有极强的主观性和节律数目計算上的困难。可能，这就是电生理学沒有追随維金斯基的原因，也是电生理学仍然要经历很长的时期来找寻适当仪器的原因。

大家知道，如果在暗室中与振动音叉频率相一致地发生瞬息的电火花，那末，我們看見的将是音叉的臂在一定的时相上的安静状态。这样一来，我們改变火花发生的时刻就能使我們看到我們希望看到的音叉运动的任何时相，也可以用光学的方法使我們所看到的音叉运动随便减慢到什么程度。正是这样，在同一意义上可以减慢我們所看到的动作电流的过程（不是改变音叉运动或动作电流的速度，只是使我們看起来觉得减慢了——譯者）。假定我們刺激神經肌肉标本上的神經，并把这标本上的肌肉电流引到电流計上，更假定我們进行以下的实验：我們不是长时间地而仅仅是在很短的时间間隔内分別將每一刹那的肌肉电流引到电流計上，而且以相同的频率以及相同的单一电震刺激神經并重复这种引导，那么，当刺激和引导肌肉电流到电流計的間隔一定时，电流計也就显示出与单一刺激引起的动作电流的一定时相相一致的偏轉，以后改变这个时间間隔（实际上是改变冲动开放的时间——譯者），我們將得到与另一时相相一致的偏轉。別恩施坦制造了名为微差变切器（Дифференциальный реотом）的特殊仪器，这种仪器是由旋轉的圓盤构成的，圓盤每旋轉一次，由开断一个接触点而給予电刺激，以后经过很短的时间間隔由接通另一接触点而將被刺激的組織接到电流計上，在圓盤上为了逐

漸地改變這個時間間隔，具有特殊的裝置。上述儀器有許多缺點，用它來作研究是不容易的。但是它比較快地幫助我們了解了伴隨着單個興奮產生的電流的基本特點。看來，興奮波是由神經或肌肉的刺激點出發，以一定速度相繼地由一點奔向另一點，並且，正在進行着興奮過程的任何點對於還沒有進行興奮過程或是已經進行過興奮的那些點來說，好像變成了陰極。因此，如果將興奮組織沒有損傷的兩點引到與微差變切器相聯的電流計上，那麼，應當得到所謂的双相電流，即電流計應當發生一向的偏轉，接着再發生另一向的偏轉。如果引導的兩點有一點是被損傷的，那麼損傷點一開始即變為負電位，因而發生電位降落，可以說，結果得到的是單相電流，電流的曲綫，僅僅顯示一側的偏轉。

幸而所有這些用頗難掌握的微差變切器做的令人厭倦的和麻煩的研究是以李普曼的優良儀器——毛細管靜電計出現而終結的。這個儀器立刻改變了電生理學的地位，給它帶來了新的希望和遠景。這個儀器是非常簡單的，我們知道，水銀完全不會由延長的管端流出——半月面的表面張力阻礙了水銀柱的重力，而且被保持的水銀柱的高度與半月面一同減小。水銀充電招致表面張力的減小，因此半月面所維持的水銀柱的高度也變得更低，這是毛細管靜電計的原理。管子的一端拉成極細的圓錐狀毛細管，將水銀充滿管子及毛細管，并把管子浸入盛有硫酸的皿中，皿底也有少量的水銀，在水銀與硫酸之間的境界，形成了所謂赫爾姆荷茨双重層（Двойной слой Гельмгольца）的電位，並且在這種情況下，被充電的境界電位所減小的表面張力決定着半月面所維持水銀柱的高度。如果現在把管中的水銀和皿底的水銀與電動勢的起源（例如肌肉，神經，心臟等）的兩極相連，那麼，表面張力的增大或

者多半是减少是以半月面的向上或者是向下移动为指标的。这种移动只有当放大得很大时才可能看到，上述毛細管靜电計的价值在于这种仪器本身不占有周期，以本身的电位来改变半月面比以前的仪器是发生得更快的。

这是第一次有成效地获得了能够有效地与蛙腿的灵敏度竞争的电生理仪器。毛細管靜电計能把肌肉电流的負性变化分为单个的成分，这些成分比在継发收縮实验中蛙腿上看到的更明显。

当用断續电流刺激神經时可以看到：被接到毛細管靜电計上的肌肉的靜止电流产生了不递减形式的負性变化——水銀半月面的輪廓被冲毀了，証明了負性变化的振动特征，这些动摇可以比較容易地纪录下来，为此，应当將水銀半月面的眞实图象映在光学纪录的孔隙中：在轉动攝影紙上纪录出曲綫，同样，可以无須費力地把肌肉的单相与双相曲綫记录在轉动很快的平面上。

在巧妙的实验者例如高特奇的手中，甚至当单一刺激时也获得了神經动作电流的记录。用毛細管靜电計研究裸露出来的心脏特别适合。瓦尔列尔走得很快，他甚至获得了人体心脏电流曲綫的迹象，这就是現在心电图的起源。但是，显然，毛細管靜电計还不是电生理学所应当要有的那种仪器，它的灵敏度是不够的。更重要的是它改变半月面的时间是不够短的。这就在实际生活中引起了改善所得曲綫并从而造成眞正的動作电流的一系列方法。

最后，毛細管靜电計的时期被弦綫电流計的时期所代替，亦即为电生理学史开始的时期所代替，这时，电生理学已經走上了正确而有效的道路。

电生理学研究的两种思潮很快地出现了，一种思潮是研

究动物电的本性；这种思潮造成了现在广泛流行的生物电的物理化学学说。

电生理学的第二条道路，稍稍脱离了动物电流本性的问题，而是利用动物电的表现来研究发生电流的组织 and 器官的生理机能。这条道路是特别有效的，它采用了生物电反应作为研究的辅助方法。这时，远离生活经历了许多困难的纯传统主义的生理学知识，最后找到了自己的道路，找到它本身发展的现实基础，并在生理学问题的深处，有了特殊的，有力的，深入的同时是重要的方法。实际上，在这时我们亲眼看到了有重大意义的现象。

公正地说，爱因霍文的弦线电流计使生理学获得了它所应当有的仪器。在两块强的电磁铁之间放置直径只等于1微米的线，这根线只有人类红血球的直径的六分之一，线是由玻璃或石英制成的，并且应当涂上一层银或金，这可用化学的方法或用现代的阴极喷雾法(Катодное распыление)来完成。动物电流通过电流计上的弦线引起弦线本身的移动是很小的，因此要借助嵌在电磁铁的特殊孔隙上的显微镜才能看出来。质量很小的弦线能够迅速地随电流强度而转动，另一方面由于空气的阻力特别是由于弦线的表面相对地很大，所以它已经不再呈现弦线原有的周期。此外，当电路接通时，电磁的阻力已经发生了，如果把弦线的真实图象与裂缝成直角地投射到光学记录器上，当然，可以毫不费力地记录弦线的动摇。

这个仪器造成后，1910年，很快地由年青的德国学者皮彼尔在海德堡国际代表大会上头一次用爱捷尔曼小型仪器描记了肌肉电流的曲线，这些曲线在技术上还是很不完美的，但是能看到应答神经的单一刺激而记录出来的人的肌肉的这些双相电流曲线毕竟是高兴的。知道用微差变切器研究的全部

困难的人就能很好地評價現在電生理學方法所達到的成就有多大。

皮彼爾同時証明了隨意收縮時的肌肉電流，自然可以感覺到這些曲綫仍然是很不完善的，無論任何曲綫，開始部分總是很大。

經過三年後，在格羅寧根(Гронинген)代表大會上皮彼爾用很大的電流計証明了自己身上肌肉以弦綫動搖形式表現出來的動作電流。他把灌滿了混有硫酸鋅的粘土的漏斗狀電極插入自己的前膊肌肉中並很好地固定在前膊皮膚上。他和其他的會員一起站在銀幕旁邊，注意自己肌肉收縮時的弦綫動搖並解釋它。他沒有必要象維金斯基當時那樣去模仿電話機中動作電流所產生的聲音，所有在場的人都能很舒適地看到弦綫輪廓的波動，同時能滿意地得到弦綫動搖的照相記錄。我們帶著感謝天才的研究家皮彼爾的心情來回憶。在這以後經過了兩年，他以醫生的資格到了國際戰爭的德國戰場，在那里很快地在炸彈下犧牲，炸彈把他的身體炸得粉碎。

皮彼爾提出的人體發生收縮時的肌電圖的曲綫具有以下的特点：曲綫出現了每秒約 50 次沖動的明顯的節律動搖。它們應當被解釋為和中樞神經系統奔向肌纖維的各別沖動相一致的一系列雙相動作電流，這些節律在時間上顯得非常清楚。然而，同時大部分大波上發現有小的鋸齒，使大波的進程發生了畸形。一般說來，可以說皮彼爾所首次獲得的曲綫完全証實了維金斯基的指示。如果我們使皮彼爾的曲綫發生聲音，那麼它們一定可以產生維金斯基描述和表演過的那些聲音。看來，在這裡，在其他學者的曲綫中節律不是那樣正確和明顯——50 次動搖，為了紀念皮彼爾，所以現在 50 次的動搖稱為皮彼爾節律。加爾千及其他學者獲得了 80 和 90 次的動

搖，如果他們計算所有的小波，那麼得到的節律還要大大地增高。當然，這種情況很早就已經知道，即當弱的隨意收縮時，肌電圖的節律較頻，波較小，而當強的肌緊張時波就變得比較高了，所以大家都採用了正確而性質比較確定的皮波爾節律。

總之，我們認為，當隨意收縮時，一般說來在肌電圖中可以得到以電效應為特征的圖像，而且肌電圖中動搖的數目與動搖的振幅在一定範圍內依不同的情況而改變。重要的是：這些動搖實際上在怎樣的程度上反映了中樞神經系統的節律呢？為了解決這個問題，顯然，應當利用動物實驗來證明。如果我們能在動物身上同時用兩種儀器從神經和神經所支配的肌肉上引導電流，如果在肌電圖和神經電流圖中動搖的數目與形狀相一致，那麼，當然我們應當承認肌肉是中樞神經系統節律的真正指標。但是，可惜神經動作電流大部分是很弱的，因此，開始時進行這樣的實驗是很困難的。誠然，在這方面有某些優待的對象，例如橫膈及它的運動神經，這種神經產生比較大的電流，濟特列爾和加爾千首先採用了這個對象，原來以膈神經記錄的每秒電動搖數等於 70，同時記錄神經和該神經所支配的橫膈所產生的電動搖數目是相同的，而且動搖的某些不規則性也都相同。

總之，對於膈肌我們有充分的根據認為這個肌肉的動作電流的節律能很好地表達中樞神經系統發放的衝動節律。上述學者的研究後來被美國的生理學家加謝爾和牛科梅爾應用很完善的方法所証實。必須認為上述對象研究的結果顯然也取決於沿膈神經奔跑的衝動是同時發放的。因此，單一纖維的動作電流能夠綜合起來，並且很容易表現在電流計上。

然而，我們应当注意这种情况，在上述实验中，毕竟还与横纹肌的自主神经支配有关。因此，尚不能肯定地下这样的结论：在肌肉随意收缩的情况下，肌肉电波动的节律是支配这些肌肉的神经中枢节律的反映。

大家知道，神经纤维每秒钟可以毫无误差地通过几百个冲动，至于肌肉则这方面的能力显然是不完善的。如果在神经上每秒能通过 300 个冲动的話，那么，由这条神经支配的肌肉已经不能跟随着对所有奔向肌肉的冲动发生反应，肌肉可以改造获得的节律；例如获得 400 个冲动它可以只表达 200 个甚至更少；在另外一些情况下，它可以产生完全不规则的图象，在这种图象中完全找不到任何一定的节律，因此，如果当随意运动时，我們能用电流计在肌肉中察觉每秒 50—100 次的动摇，那么，我們假设这是肌肉本身的节律跟不上中枢神经系统更高的节律。当佛尔布斯在美国做了以下简单的实验时，这种怀疑获得了特别有力的支持。他研究了上肢随意运动时的动作电流并且发现当他将上肢浸入很冷的水中时，节律明显地降低。不言而喻，肢体浸入冷水中时，中枢的节律不应当发生改变，而事实上在这里我們看到了节律的变化，这种变化唯一的原因是由于外周器官——肌肉特性的改变。佛尔布斯得出结论：肌肉不是中枢神经系统发放冲动数目的可靠指标。按照他的意见，中枢神经系统发放冲动的数目是很大的，可以达到每秒 800—1000 次。

其次，正如我們所看到的，佛尔布斯的說法是可以被否认的。艾德里安完全正确地确定了肌肉的节律是由不同因素的作用所组成的。应当认为在刺激肌肉中的感觉神经末时所引起的那些反射是这些因素之一。因此如果使我們的肌肉变冷，那么，不仅肌纤维与运动神经末的温度发生变化，同时

不可避免地也同樣要使感覺神經終末變冷，於是反射弧的兩端立刻可以受到影響。因此，佛爾布斯由這些實驗得出的結論，顯然就失去了它的說服力。

柏林的生理學家特連捷連布爾格完全以另一種方式來對待這個問題。他指出在某種情況下用小的電極引導肌肉電流到電流計上是比較好的，但是最好是用針。如果加之兩針彼此的距離不大，例如距離 1 厘米，而兩針又位於肌纖維的縱綫方向，那麼，用這種電極所測出的電流，顯然比用表面積較大的電極測出的電流所涉及的肌纖維的數目要少。然而，我們記得在研究肌肉的電生理中首先採用針做電極的乃是俄國研究家維金斯基。顯然，在這些選擇中他与特連捷連布爾格是從同一見解出發的。

為了解決肌肉動作電流節律的意義的問題，特連捷連布爾格把兩對針狀電極插入同一肌肉中，而且預先証明其中一路電流不會影響另一路電流，而每一對針狀電極引出的電流是由不同的肌纖維而來。實驗是當這個肌肉隨意收縮時，不同部分的肌纖維發出電流到不同的電流計上，同時記錄電流計弦綫的動搖。當然，這時獲得的肌電圖顯現了通常發生的皮伯爾節律的特性以及這些情況下通常發生的不規則性。但是，對於我們研究的問題來說重要的是兩個曲綫中所有的不規則性都相同。這些結果僅僅應當這樣來解釋，肌肉實際上正確地轉達了所獲得的節律，但不能改造它。因為如果肌肉使這些節律發生了改變，那麼，不能解釋怎樣能在不同的肌纖維中發生同樣的改變呢？

恰恰找到了與上述情形相一致的實驗。在某些反射動作中同時工作的幾條肌肉產生了在波動數目上和節律的不規則性上完全相同的電流。例如，為輕度傾斜引起的腿的屈曲反

射中，只要这反射不很强，在半腱肌与脛骨前肌中我們看見了用兩個电流計同时記錄出来的电流的波动是完全一样的。

所有的敘述使我們有根据承認，不仅是呼吸肌而且有随意神經支配的肌肉都不改变获得的节律，节律中的不規則性显然仅仅是由于发放冲动的中樞产生許多冲动的时相相同或不相同。由皮彼尔首先发表的这个意見，显然是正确的，这和以前曾經講过的艾德里安最近著名的研究是相一致的。

电生理学的方法在反射學說中是很有成效的。由于有了这个方法，許多爭論的問題立刻获得了新的說明与新的論据。例如，人們曾經不止一次发表过这样的假定：緊張性收縮的某些情况不应当解釋为强直，而应当視為某种特別穩固的不动搖的收縮，在这些情况下，收縮好象是冻结在收縮状态一样，这就是說維持这种状态，不需要任何消耗。如果对于在动物完整机体中橫紋肌是否普遍具有这种穩固的緊張状态还有怀疑的話，那么，对于去脑动物肌肉的僵直現在是沒有怀疑的了。究斯謝尔-捷-巴連，布依千达依克和爱因斯坦証明，在这些情况下，在僵直状态的全部時間內，肌肉产生了象节律性动搖的动作电流所表現的小波，正当刺激感觉神經反射地引起該处肌肉僵直的消退和停止时，弦綫的这些动搖就立刻停止，在这以后，弦綫是完全靜止的。

上述例子再好不过地說明了生物电記錄方法的力量：在它的压力下，肌肉公然地泄露了它的緊張状态的特性。其次，看来，我們所有的肌肉，甚至在它的所謂安靜状态时也可以发生单个动作电流，所以，这些肌肉实际上是处于一定的虽然是最小的緊張状态的。同时也表現了肌肉是随时在准备着开始工作的适宜組織。希尔从另一观点出发把安靜的肌肉与发出准备工作的节律响声而停着不动的汽車相比，不过，要是能够

恰恰使肌肉完全安靜則这个响声可以完全停止。上面我們已經指出，抑制反射可以使弦綫停止轉动，使肌肉不能产生可見的电流。

一般說来，生物电所給予反射的抑制学說的好处并不比給予反射的兴奋学說的少。

有一次，在我的實驗室出現了一个我不認識的青年人，他向我說明他是由列宁格勒維金斯基實驗室到我这里来掌握弦綫电流計的方法的，因为他希望用它来研究中樞神經系統中的抑制过程，这就是別利托夫(И. С. Беритов)。工作差不多兩个月后他回去了，并且經過很短的时间他实际上成功地闡明了抑制冲动作用的本質。当然，这是他的很大功績。別利托夫証明，每一个单个的抑制冲动能够从奔跑着的节律性兴奋冲动中夺去一个或几个冲动，因此，如果与刺激感觉神經的同时，反射性收縮的肌肉每秒发生 100 次的电波动，而在同一時間內，在另一抑制的感觉神經上发放每秒 20 次冲动的話，那么，在肌电图上我們可以看到与每个抑制冲动相当的 20 次冲动，其中，每一个抑制冲动吸收了一个或几个兴奋冲动。

电生理的方法使我們很清楚地理解了中樞抑制冲动。無論在反射过程的其他方面或是抑制方面生理学企图只用由外周兴奋組織所获得的那些材料来解釋中樞神經系統中的現象。这个有效方法是从別特的指示开始引用的。在兴奋組織範圍內我們通常的研究对象——神經肌肉标本——不仅是外周系統知識的无尽源泉，而且在神經肌肉标本上兩個应激环节(神經与肌肉——譯者注)的結合中同样可以察覺出发生在中樞神經系統中的現象的重要特征。例如，首先是冲动由运动神經纖維向肌纖維轉递的时间延擱，其次是单向傳导。

在中樞抑制方面，許多人特別注意的所謂“維金斯基現