

巴甫洛夫 高級神經活動雜誌

譯 叢



第二專輯

人民衛生出版社

巴甫洛夫
高級神經活動雜誌
譯 叢

第二專輯

一九五五年十二月十五日出版

目 錄

✓高級神經活動電生理學的研究.....	李萬諾夫等著	赫葆銀譯 (1)
巴甫洛夫高級神經活動學說是體育理論的自然科學基礎.....		
.....	克列斯托甫尼契夫著	趙伯仁譯 (14)
關於人在節奏性運動條件反應時的神經機制和皮層兩種信號系統的 相互作用問題	阿列克謝耶夫著	李家治譯 (26)
論動物的實驗性神經官能症.....	庫庫洛夫著	張春雷譯 (38)
運動分析器核心與皮層下諸核的進化問題.....	庫庫耶夫著	董承統譯 (52)
論鏈鎖性暫時聯系的機制	沃羅寧著	何瑞榮譯 (60)
關於低等猿猴 (狒狒、獼猴及長尾猴) 時間條件反射的若干資料.....	沃羅寧著	賈同彬譯 (70)
抑制過程的練習在猿猴高級神經活動中的作用	沃羅寧著	郭長榮譯 (77)
猿猴各個單獨形成的運動條件反射的相互影響.....	諾爾金娜著	孫 寧譯 (81)
突然減少非條件強化時高級神經活動的障礙.....	穆拉甫耶娃著	徐潔華譯 (87)
提高諸非條件反射中樞之一的緊張性時大腦兩半球皮層神經過程的轉換	斯基平著	李子瑜譯 (94)
小狗在個體發生中條件反射活動發展的特徵	胡道羅熱娃著	錢紹瑛譯 (99)
小狗在個體發生過程中高級神經活動的一些特徵	巴雷舍娃著 許淑達	劉 筠譯 (109)
小狗在個體發生過程中高級神經活動的動力學	切斯諾柯娃著	廣世鈺譯 (118)
兒童大腦兩半球活動的時相變化.....	克拉斯諾果爾斯基著	傅 穎譯 (127)
一歲以內兒童的朝向條件反射.....	卡薩特金等著	余碧筠譯 (136)
論不同神經活動類型的狗實驗性結核病程的特徵	卡普斯捷克等著	馬鳳瑛譯 (145)
闡明神經類型特徵及其在氧分壓降低所引起的高級神經活動特性 改變中的作用的實驗.....	米里施坦著	匡培梓譯 (155)
用計算機的計算員們在工作日中高級神經活動的變化	巴甫洛娃著	于志恒譯 (164)
慢性酒精中毒性幻覺症時第一與第二信號系統協同活動的障礙	謝列基娜著 傅紹賢	何瑞榮譯 (173)
巴甫洛夫睡眠療法在外科臨床上的問題.....	布薩洛夫著	倪葆春譯 (186)

高級神經活動電生理學的研究

原載《巴甫洛夫高級神經活動雜誌》1951年第4期

辛高諾夫 (М. Н. Ливанов) 柯羅爾關娃 (Т. А. Королькова)

弗連凱爾 (Г. М. Френкель)

在有關腦電波描記術的豐富的文獻中，我們能夠找到關於在中樞神經系統，特別是大腦皮層的活動中發生什麼電波形狀問題的解答，和能夠找到關於在某種病理狀態之下電流活動如何變化問題的解答。也許文獻的這部分是最龐大的。其次，我們能夠找到關於腦生物電波的某種波形與腦形態結構特性之間的聯系問題的答案。最後，我們還可能找到一些研究大腦不同部位裏面的傳入和傳出衝動的論文。但是，我們最感興趣的大腦皮層機能（即其接通機能）的研究著作，在文獻中却記載得最少。

同時，大腦皮層現代生理學的研究，唯有在巴甫洛夫學說的基礎上才能進行，而且也必須在巴甫洛夫學說的基礎上來進行。

在腦電波描記術方面的絕大多數的工作，特別是在國外，都脫離了巴甫洛夫的學說，這就是在這方面成功較少的原因之一。可以說，很多研究者對於用腦電波描記術來研究大腦皮層機能的可能性和價值感到失望，這是有道理的，因為他們沒有找到關於用這種方法研究大腦皮層機能的足夠正確的門徑。現在越來越明顯地看出來：唯有在高級神經活動學說的基礎上，這方面的研究才能進行得有成效。

在腦電波描記術方面有關研究皮層接通機能的較少的工作，主要是屬於我們祖國生理學家們的。

現在，人們擬定了兩三種藉助於生物電位來研究皮層條件反射機能的方法。第一種方法基於所謂的 Alpha 節律的變動。大家都知道，在人的大腦皮層枕部能夠發現每秒波動 8—13 次的生物電流節律。這種 Alpha 節律在光覺刺激的作用之下就受到阻抑。

如果採用不很強的、新異的、非光覺的刺激，這種刺激本身並不引起 Alpha 節律的阻抑，但多次在時間上把這種新異刺激與光相結合之後，它便開始引起 Alpha 節律的阻抑。研究這種現象，我們能夠確定條件反射活動所固有的一系列的特徵。

這是在研究皮層接通機能的近代的腦電波描記術中所擬定的方法之一。必須指出，這種方法具有相當大的缺點。第一，Alpha 節律僅只在人類和猿猴身上可以清楚地見到，而在其它動物身上並不能有把握地描記這種節律。因此，這種方法只適用於研究人和猿猴的條件反射性聯系。第二，這裏的判斷本身是從嚴格特殊的現象——節律——出發的，這種現象的本質是不夠明確的。因為研究者只能運用生理本質還不夠明確的，而且是嚴格特殊的，僅只發生於一定皮層結構的現象，來判斷發生着的條件聯系，所以研究者是處於窘迫的境況之中的。這一切自然限制了這種方法的可能性。最後，還必須指明下列情形：Alpha 節律在機體外部活動中並

無反映，因此它的變化很難與人的反射動作相聯系。

上面指出的情形使人認為：根據 Alpha 節律來研究皮層接通機能的可能性是有限的。但是，許多成功的工作都曾使用過這類方法（魯希諾夫 Русинов、施皮里別爾格 Шпильберг、格爾舒尼 Гершунн、哲斯彼爾 Джеспер 和沙加斯 Шарес 等人）。

拉普切夫 (И. И. Лаптев) 在 1941 年曾進行過研究動物條件反射性反應的實驗。1950 年他作出了結論，認為大腦皮層生物電位的複雜性及其經常的變異性，使我們不能發現對於建立條件聯系的特殊變化。但是，拉普切夫有一些觀察是必須指出的。

在建立狗的條件聯系時，他曾發現皮層中電流活動不平均地分配着。在很多情況下他指出了皮層運動區和視區之間有着交互作用的關係。

必須提到近年來科甘教授在羅斯托夫開始進行的研究。在他的實驗裏曾發現：如果利用電流刺激的方法在皮層中找到某一肢體的運動分析器中樞，然後，在這中樞上安置導極，再使這肢體產生被動運動，那末，便可以描記下來與運動相聯系的生物電位的波動。如果把這種被動的運動與某種條件信號相結合，然後給予這種信號，可是已經沒有肢體的運動，那末在皮層這一區域之中同樣產生了生物電波，這種波的形式和在肢體被動運動時所觀察到的相同。由此可見，條件信號中樞和非條件刺激的中樞之間發生了聯系，這種聯系使得條件信號所引起的生物電位的進程，模仿着肢體被動運動時所產生的生物電流的變化。

這就是除了我們的研究以外，與條件反射學說相關聯的皮層生物電活動的研究範疇中現存的研究方向。

我們的研究是根據什麼呢？我們曾用皮層中節律同化現象來試行判斷與條件聯系之建立相聯系的大腦皮層生物電活動的變化。

從 1934 年起大家就知道：如果給動物以節律性的刺激，換言之，就是用一定節律的閃光照射動物的眼睛，那末，動物大腦皮層便開始同化這種節律，並且在皮層的枕區便現出具有同樣頻率的很規則的生物電位的波動。

其後又發現了：如果同時施用兩種有節律的刺激，例如同樣節律的光和聲音，則兩者的作用便相互加強着，同時，按照這種節律進行着的皮層反應就更加顯著，甚至可能保持在後作用中。

由此可見，我們能够清楚地發現皮層中節律的同化作用以及在後作用中這種節律的保持。

其次，我們進行了第三組實驗，這組實驗實際上乃是上述實驗在邏輯上的延續。

如果採用不強的光覺的節律性刺激，那麼在枕區所產生的應答性生物電節律便不向皮層的其它部分擴散。但是，如果把這種光覺刺激與同樣節律的聽覺刺激結合幾次，那末，早先並不使得節律向皮層的聽分析器中樞擴散的單一的光覺刺激，現在却引起了這種節律的擴散。

這就是說，在這兩種刺激相結合之後，我們便看到，從視分析器中樞向聽分析器中樞的擴散容易了。

其次，用節律性刺激之一——光——作為條件刺激，而以另一刺激——電皮膚刺激——作為非條件刺激。

結果發現，這兩種刺激多次結合以後，皮層裏面便發生了非常明顯的節律同化的現象，這種現象反映着條件反射形成的動力學。

我們時常受到責難，認為不應該用家兔進行研究，因為當時高級神經活動生理學主要是在狗身上建立的。但是，我們應該指出，從某種觀點看來，我們首先取得了家兔，顯然是成功的。

問題在於：建立家兔的條件反射是很慢的。在狗身上獲得防禦性條件反射，總共只需幾次結合，而在家兔身上要建立同樣的條件反射，卻需要 70 到 200 次的結合。因此，條件反射之建立的全部時相是拉長了，因而也就便於觀察。

讓我們利用皮層對節律的同化現象來看一看條件反射的建立如何進行。在開始建立條件反射之前，所描記的家兔運動分析器的皮層區的生物電流曲線具有雜亂的性質，難於作出任何判斷。一個波與另外一波摻混在一起，紀錄上沒有任何恒定的現象。光刺激並不引起顯著的變化（圖 1, a）。

其後，把頻率每秒 2.5 次的節律性閃光與施於後肢的同樣節律的電皮膚刺激相結合。需要結合的次數因個體而不同，在 10—40 次結合之後，不用這些刺激，腦電波便已經獲得充分有規律的性質了，其中表現着清晰的節律。在大多數情況下，這種節律反映着呼吸的頻率，而呼吸本身則依賴於刺激的頻率（成一定的倍數比例）。這種現象在動物防禦性條件反射能够建立之前很久便發生了。

結合 40—70 次之後，節律便廣泛地在皮層上面擴散，而且幾乎在皮層任何區域都能發現這種節律了。只要把動物一放入實驗的環境中，節律便已產生。

在節律汎化的這一階段，條件信號引起了同化性節律振幅的增大，而且這時便開始產生了運動性條件反射性反應（圖 1, b）。

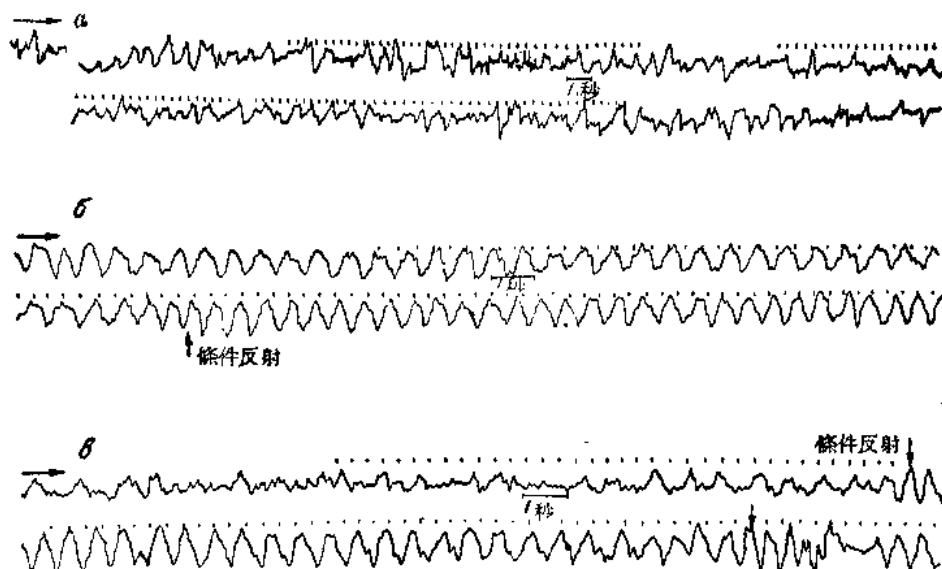


圖 1 a——建立條件反射以前，在沒有刺激時和增長亮度的閃光之下，家兔運動分析器的皮層區的腦電波；
b——同上，但在節律汎化階段；
c——同上，但在集中階段。圖上的點表示閃光。
在每一個描記圖上，下邊的腦電波都是上邊腦電波的延續。

隨着繼續的結合（70—200次）和條件反射的鞏固，同化性節律開始從紀錄上消失，而僅只保留在建立防禦性條件反射的那個肢體的運動分析器皮層中樞裏面。

但是，甚至在這裏，於結合 150 次之後，曲線也時常重新獲得以前的不恒定的形式，而且只有在條件信號的作用之下，節律才重新出現。這便是節律的集中時相（圖 1, c）。

這裏發生了一個問題：是否可以肯定，受皮層同化的節律的活動中的這種時相，正反映着巴甫洛夫所說的在條件反射建立中的那些時相？唯有在節律的汎化時相已經十足表現出來的時候，條件反射才第一次出現。然而這裏畢竟是有部分的吻合。但是，這問題還有待於專門的研究。

因此，在談到關於生物電活動節律形式的汎化和集中的時相時，難於斷定，與這些時相並列地還發生了條件反射的汎化和集中。但是，可能在它們之間終歸是有聯系的。

由此可見，研究揭露了：利用節律的同化作用，能够追蹤觀察在家兔建立條件反射時大腦皮層中所發生的變化。顯然，這種方法也能用於研究其它動物的條件聯系。不久以前，費道洛夫和魯希諾夫實驗室裏的科學研究員馬堯爾奇克（Майорчик）曾把我們的這種方法成功地應用到對人的研究上。並且已經獲得了顯著的成果。至於用家兔的實驗，古列維奇（Б. X. Гуревич）已經證實了我們實驗資料中的事實。但是，發生了一個問題：能否認為節律的同化現象的確反映着條件聯系的建立，或者這種現象與條件反射的建立僅只是在時間上偶合而已。

我們不止一次地受到這樣的反駁，就是認為我們所記錄的某些變化未必與條件反射有聯系。

這裏有事實的兩方面：（1）要知道大腦皮層裏的這些物質變化與條件反射的建立一同來臨和發展着，因此，我們就不能說，這些變化是否與暫時聯系的建立有着密切的關係，反正我們應該認為這兩種現象是平行的；（2）根據這些生物電過程的動力學，探討條件反射活動的一系列特徵是可能的。為了舉例，讓我們僅只看一看那些與條件反射的消退相聯系的變化。

在家兔身上已經建立了對閃光的防禦性條件反射，這就使得皮層的運動分析器中樞裏面出現了清晰的同化性節律（圖 2, а）。

其後，着手使反射消退。動物受到連續 20 分鐘的閃光而沒有強化。結果條件反射脫失了，同時皮層中生物電流的節律也劇烈地降低了。

條件刺激在其作用期間使得已減弱了的皮層節律的振幅稍微有些增大（圖 2, б）。

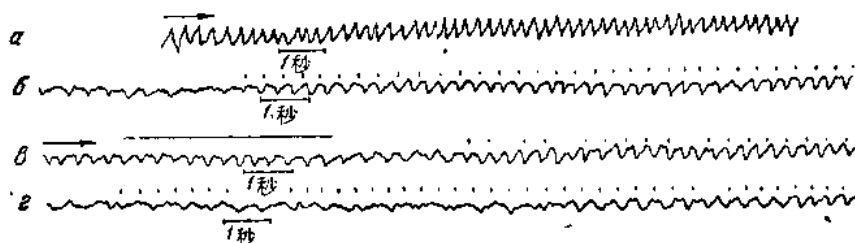


圖 2 а——建立條件反射的家兔，其運動分析器的皮層區的「自發性」腦電波；
 б——條件反射開始消退時，同一區域的電波；
 в——同上，但在條件反射「自發性」恢復之後；
 г——同上，但在條件反射第二次消退之後。
 圖上的點表示閃光的信號。

由此可見，這一典型的內抑制情況顯然是與皮層生物電流強度的低落聯系着的。

次日，腦的「自發性」節律活動又重新增強了，但終究停留在比原來的活動較弱的水平上（圖 2, в）。重新給以 20 分鐘的不加強化的條件刺激，則又發生了皮層生物電活動的降低。這大生物電流的振幅比前一旦更加劇烈地降低了，而同化性節律也立刻完全脫失了（圖 2, г）。

由此可見，典型的條件反射消退的情況清楚地反映於同化性節律的變化中。

我們還研究過內抑制的其它情況，並觀察到它們伴隨有生物電流振幅的低落。於是我們就可以說，條件反射性聯系之建立的本身，以及這一聯系的許多特性，都在受皮層同化的節律的活動中獲得了反映。

在這個基礎上我們可以確定：我們在生物電流中所觀察到的現象與條件反射建立時所進行的過程有着某種聯系（那怕是間接的聯系）。

現在我們看一看，腦電流描記術對於條件反射的研究提供了什麼。

我們首先談一談關於條件反射性聯系的定位問題。大家都知道，巴甫洛夫斷言，條件反射性聯系是在皮層裏面。巴甫洛夫在分析關於這種聯系如何接通的問題時，談到了三個可能性。他提出的第一個可能性就是，條件刺激奔向皮層的相應點，例如光刺激奔向視分析器中樞。興奮從這裏直接進入皮層下中樞，然後再達於外周部分。

第二個可能性是，條件刺激和非條件刺激的兩個皮層中樞之間發生了接通，也就是在皮層的兩點之間發生了接通。

最後，第三個可能性在於，條件信號直接引起與非條件反射相聯系着的皮層點裏的變化然後興奮進入皮層下，再達於外周部分。現在我們分析一下，電生理學的研究對條件聯系的定位問題提供了什麼資料。

在建立條件反射之前，光刺激在皮層的運動分析器中樞裏面並不引起顯著的變化。在枕區它雖然引起變化，但這些變化時常是不顯明的，而且也不是立刻發生的（圖3, a）。

在以閃光作為條件刺激和施於後肢的電皮膚刺激作為強化，二者相結合45次之後，皮層的生物電流便發生了下列的變化。對於每一次閃光枕區裏面都發生了很明顯的強烈的應答。出現高大的生物電波來回答每次的發光。由此可見，皮層的視分析器中樞對於條件刺激表現得極其敏感。自然，這種情況早在外部表現的條件反射出現之前很久便已產生了。

運動分析器的皮層端部分也開始有了變化。

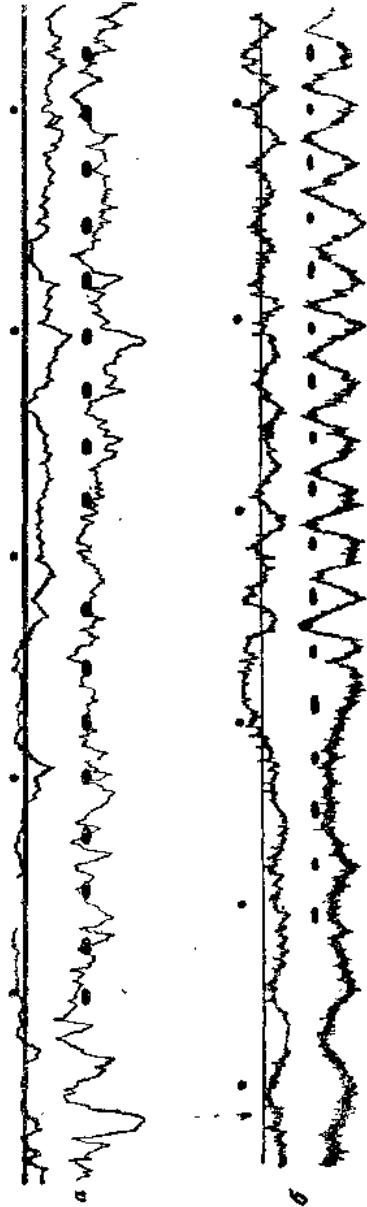


圖 3 a — 條件反射形成前的紀錄。上邊的腦電波描記運動分析器的皮層區，下邊的腦電波描記視分析器的皮層區。
b — 結合45次之後的紀錄，其他同上。
圖中間的點表示光刺激的時間，每秒一次。圖上邊的點表示光刺激的信號。

如果說以前這個部分對光刺激完全沒有反應，那末現在它的生物電流也發生變動，但是與枕區相較，這裏的變動是弱得多了（圖3, 6）。可見，在建立反射的初期，皮層的視分析器中樞裏面對光的條件信號的作用發生了顯著的敏感性，並且在運動中樞裏面，對這種信號的反應也加強了。

於是就有根據來考慮：在這兩個皮層中樞之間可能發生了相互作用。隨着反射的繼續建立，節律的集中代替了節律的汎化。皮層中產生了生物電活動分配的另一種景象。

這時同化性節律和高度的生物電活動集中於作為建立條件反射的那個肢體的運動分析器中樞端的皮層區。這裏電流活動最高。如果把導極漸漸向後移動，便經常看到，隨着電極移開這一區域，生物電節律便消失了，生物電流的振幅也減弱了（圖4）。

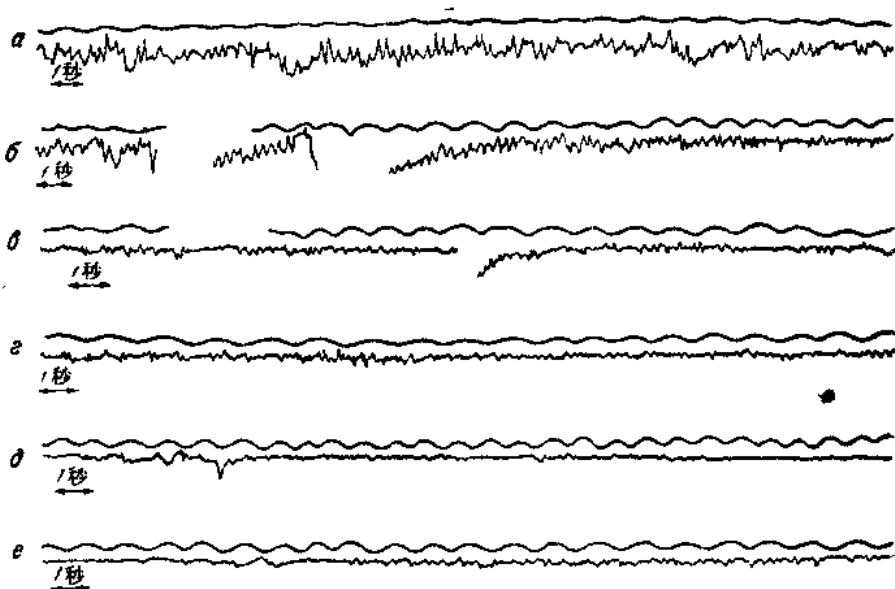


圖4 a, b——描記運動分析器的皮層區的腦電波，它們相互距離2毫米；

c, d, e——在電極逐漸向前向後移動時，皮層頂部和枕部的腦電波。

每一個圖上的波形曲線為呼吸描記圖。

這就意味着，隨着防禦性條件反射的建立，產生了同化性節律的集中，同時，運動分析器的皮層區的電流活動也增強了。而其它的皮層點却抑制住了。當然，這種關係並不是永遠可看到的，因為它往往可能被當前的機能變動所掩蓋。

但是，根據對條件刺激的反應也能使人確信大腦皮層中活動的特殊分佈。

這正是說明：條件刺激恰好在建立反射的那個肢體的運動分析器中樞裏面引起明顯的節律性反應。

同時，在皮層的其它部分，尤其是在兩半球的枕部，這種刺激却不產生這樣的效果。條件信號在這裏經常甚至引起生物電流的減弱。為了使人們徹底相信這種情況，我們同時描記了視分析器的和運動分析器的皮層區的生物電流，並且比較了它們在條件反射建立前和建立當中的活動。

許多資料使人相信：如果說條件反射形成之前，光刺激僅只在眼部引起反應，那末在條件反射建立之後，相反地，生物電流的應答性變化却在運動分析器中樞裏面發生得最強（圖5）。

由此便可得出：在建立條件反射的初期，無論是條件刺激的中樞或是非條件刺激的中樞都發生了敏感化。然而隨着條件反射的形成，條件刺激的中樞便抑制住了。同時非條件刺激的中樞却發出了越來越強的應答。

現在我們看一看皮層對皮層下部位有何關係。

在已經建立了條件反射的家兔，隨着條件性光刺激的開始作用，立刻就在外膝狀體中發生了應答性反應。其後，這種反應才出現在皮層的運動分析器中樞裏面。這種反應既出現在這裏，也出現在那裏，並且往往完全結合在一起，既發生於皮層也發生於皮層下。因此我們應該說：隨着條件反射的建立，運動分析器的皮層區與初級的視覺中樞便密切聯系起來了（圖6）。

據此，可以作出以下的推論：

在建立條件反射的不同階段上，條件聯系的接通顯然是不相同的。因此，防禦性條件反射的定位，隨着反射建立的進程而變化着。

最初，這種定位建立在皮層中的條件和非條件刺激的兩個興奮灶之間。以後它就改變了自己的位置。現在條件刺激主要是直接地奔向非條件性電皮膚刺激的皮層中樞，再從這裏走向外周部分。這樣一來，聯系已經簡單化了。但這並不是說，條件刺激的中樞不參與條件反射性聯系的實現。條件刺激中樞的機能狀態同樣也發生改變，並且必然在實現這種活動中起着作用。同時，運動分析器的皮層點裏面的優勢灶本身的狀態也不是

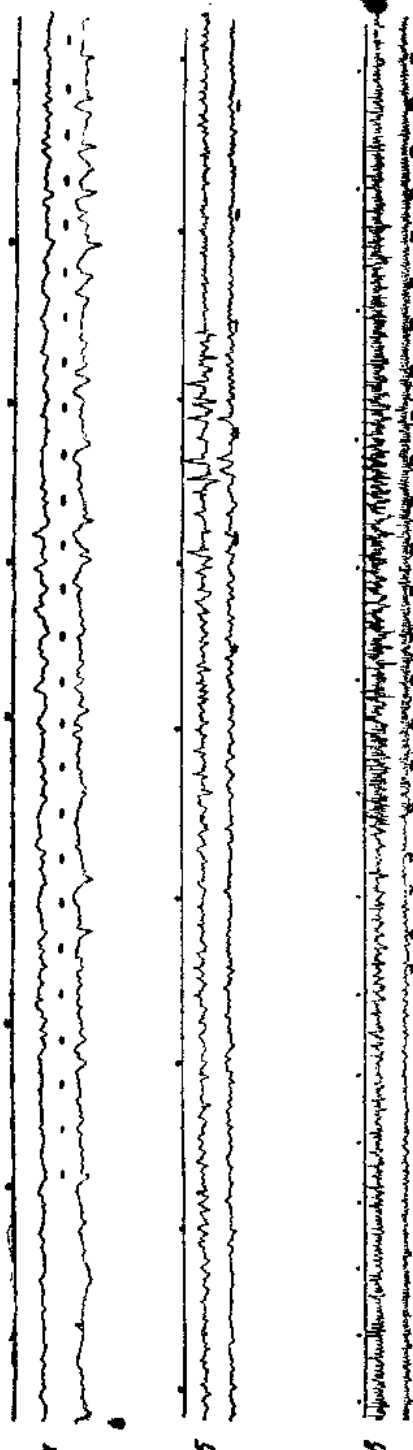


圖5 a——條件反射形成之前，上述的腦電波描記運動分析器的皮層部分；
b, a——條件反射形成之後（300次結合），其他同上。

圖上邊的點表示時間，每秒一次，圖中間的點表示閃光的信號。

穩定不變的，而是隨着條件反射動作實現的進程變化着。

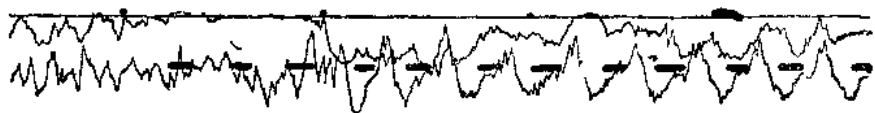


圖 6 上邊的腦電波描記一隻已建立起條件反射（結合 100 次之後）的家兔的運動分析器的皮層區；
下邊的腦電波描記了該兔的外膝狀體。

巴甫洛夫在他的講義中論到條件聯系的定位問題時寫道：

「……接通究竟發生在哪裏？單是在大腦兩半球皮層裏面發生的呢？還是在大腦低級部位的參與之下發生的？有兩個可能性都是可以考慮的。一個可能性是，由大腦兩半球皮層細胞發出的興奮直接奔向位於大腦皮層以外部位的中樞。然而，還有另一個可能性，就是：由各個活動着的器官和機體各個部位發出的傳入神經纖維歸終到大腦皮層的細胞，這些皮層細胞就是整個機體的皮層感受器中樞，當器官活動時，這些細胞也就進入活動狀態，並且在非條件刺激、條件刺激及自動性刺激等等的影響之下，也可能把由外界動因而引起的其他的皮層細胞的興奮都集中到自己的身上。」

此外，更可能的是，在大腦保持完整的場合，在動物覺醒狀態時引起非條件反射的所有刺激，首先進入大腦兩半球的某些一定的細胞裏，於是這些細胞就成為種種不同刺激所趨向的部位，也是形成條件反射的部位。」（註）

顯然，巴甫洛夫意見中的最後的一個，而且也是最可能的一個關於接通的可能性，是與在建立防禦性條件反射時，根據電生理學的研究所能看到的事實完全吻合的。

從這裏又引起了一個必須說明的問題。這個問題就是：如果把條件反射建立之後而具有增強了的活動灶的皮層運動分析器中樞切除掉，條件聯系的定位又將如何呢？

這順便能使我們回想起來，很早以前謝靈頓和列依頓（A. S. J. Leyton）、謝靈頓和葛倫堡（A. A. Grünbaum）就已經提出了一個問題，正與我們現在所感到興趣的這一問題有着某些聯帶關係。大家都知道，如果切除了動物某一肢體的運動分析器的皮層部分，那末在最初的麻痺之後，又發生了運動的恢復。謝靈頓等人企圖發現，哪一個皮層中樞代替了被切除部分的機能。他們再次切除了皮層的各個不同部位，有的在大腦這半球，有的在大腦那半球，但是並沒有觀察到這一肢體又發生新的運動障礙。由此可見，這些實驗沒有結果。

我們曾進行過下列實驗。在建立了家兔的防禦性條件反射以後，也就是說當運動分析器中樞裏產生了增強了的有節律的生物電活動灶以後，切除皮層的相應部分。手術後活着的家兔，其受害肢體的運動很快就從初期的麻痺中恢復過來了。這一肢體的條件反射活動也恢復了。

腦的哪些部分負責產生這種恢復作用呢？

但是，在對於皮層運動分析器殘存的前邊部分所描記的曲線上，同化性節律的出現取代了以前的生物電流的阻抑現象。在對側的——未受損傷的——大腦半球的對稱點上也出現了這

（註）巴甫洛夫，大腦兩半球機能講義（俄文版），第3版，第52頁。

種節律，不過稍弱一些。

在對切除部分的描記圖中，活動極其微弱。這裏所遺留的，顯然是鄰近的皮層部分的生物電流流入的結果。可是在健康的那一半球上的對稱部分，却有着顯然較高的生物電活動。

在距離切除部分不太靠後的諸點上，同化性生物電節律顯現得相當微弱。在未受損傷的那一半球上的相應的部分，這種節律表現得很明顯。

最後，在大腦兩半球的枕區裏面沒有同化性節律，而且生物電流很弱（圖7）。

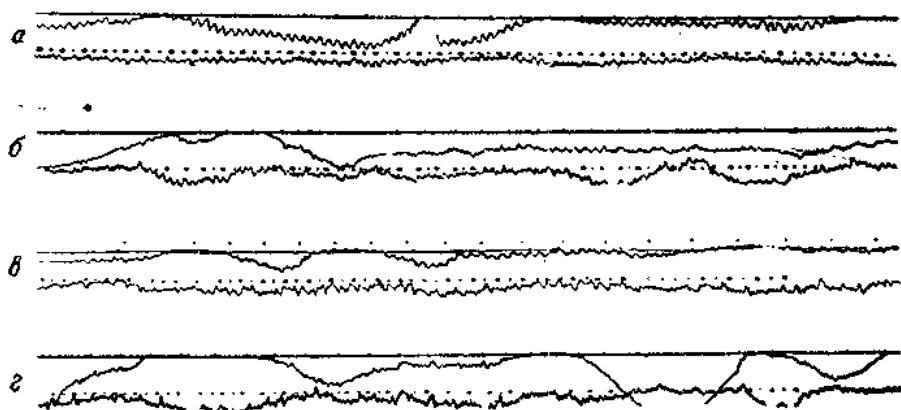


圖7 a——上邊的腦電波描記右側半球的運動分析器皮層區的前部，下邊的腦電波描記另一半球皮層的對稱點；
b——上邊的腦電波描記右側半球的運動分析器皮層區的后部，下邊的腦電波描記另一半球皮層的對稱點；
r——上邊的腦電波描記右側半球頂區，下邊的腦電波描記另一半球皮層的對稱點；
z——上邊的腦電波描記右側半球枕區，下邊的腦電波描記另一半球皮層的對稱點。

圖上邊的点表示時間，每秒一次。曲綫之間的點表示光刺激的信號。所有描記圖都是在切除了右側半球的運動分析器皮層區的后部，並且在條件反射恢復之後，再經過8天而進行描記的。

這些實驗是用6隻家兔作的，因此結論是初步的。但是，所取得的一致結果使得我們可以說：在同化性節律灶被切除之後，生物電流活動的這種形式並沒有從皮層上消失。可見，皮層顯然沒有失掉它在實現條件反射性聯系中的作用。

節律性活動的分布證明了，在切除之後，皮層裏面並沒有產生一個新的局部的同化性節律灶。

生物電節律瀰漫性地分布在受傷的和未受傷的大腦半球的很多區域之中。

只要觀察一下這種活動是如何分布的，就能發現：受傷半球的切除部分所隣接的區域在恢復過程中起着最大的作用。電流活動也廣泛地分布在對側的半球中。這種活動在切除部分的對稱點上最為明顯，並且不擴散到枕區。

現在讓我們轉向另一問題，即條件刺激和新異刺激作用的相似之處在哪裏，不同之處又在哪裏？

巴甫洛夫確定了：新異刺激在與其相應的皮層區域中建立了興奮灶，由於負誘導緣故，抑制了條件反射。試看一看，在對節律性閃光建立了防禦性條件反射的背景上，這種刺激如何作用於皮層的生物電流。

在這種場合下，普通的鼓掌，作為新異刺激，首先引起了運動分析器中樞裏面的同化性生物電節律發生某些增強。其後，生物電流開始減弱，伴隨着同化性節律的幾乎完全消失。經過幾秒鐘之後，原來的生物電活動又行恢復（圖8）。



圖8 在節律化階段當單獨的聲音刺激作用時，運動分析器皮層區的腦電波。

圖上邊的記號表示給予聲音刺激的瞬間。

由此可見，新異刺激的作用開始時使得皮層中生物電流的同化性節律有着某些增強，隨後却抑制了這種節律。

在巴甫洛夫實驗室裏，多林的實驗發現了：如果在狗身上建立了對節律性聲音刺激的條件反射，然後再給以同樣節律的閃光，那末這種新異的光刺激也引起條件反射性反應，而且唯有經過很大的困難才能使狗分化同樣節律的聲音刺激和光刺激。

多林的這些實驗與以下要說的問題有着直接關係。問題是這樣的，如果我們把單一的新異刺激的作用和節律性新異刺激的作用比較一下，那末我們就發現它們的相似之處以及有趣的的不同之處。

在家兔的條件反射建立之前，節律性聲音刺激在運動分析器皮層端部分最初並不引起回答，唯有隨着刺激的繼續作用，才開始出現了微弱的應答性反應，這種反應逐漸地增強着（圖9）。

但是，常用節律性電皮膚刺激（刺激腿部）和作為條件信號的閃光形成了防禦性條件反射以後，同一個聲音的節律性刺激（不強化）已經引起完全另一樣的反應了。腦皮層中立刻也出現了生物電流的這種反應。最初的時候，這種反應很強，以後急驟地中斷，好像受到了抑制。這種變化非常明顯地見到（圖9）。

如果家兔的防禦性條件反射已經形成得堅固了，那末節律性聲音便也開始引起外部的條件反射性運動反應，也正像條件性光刺激所引起的一樣。但是，其它節律的聲音刺激却不引起條件反射。

我們見到了，單一的新異的聲音刺激首先引起了皮層中同化性生物電節律的增強，而其後則引起了節律的抑制時相。但是，在單一刺激的作用之下，它在初期的增強作用表現得並不明顯。

如果新異的聲音刺激具有節律的性質，而且與建立條件反射時的節律相同，那末同化性節律初期增強的這一時相便顯然地更加劇烈了。在給以與已建立的條件反射有同樣節律的新異刺激之下，皮層活動的這種增強，可能就是這種刺激所以具有陽性作用的原因。

在這裏我們看到了皮層活動的節律起着重大作用的事實。如此，新異刺激便引起了時相的變化。第一時相與過程的增強相聯系着，第二時相却是抑制相。我們可以想像，這種情形的發生是由於在第一時相裏，興奮容易向在建立條件反射時運動分析器皮層區內所產生的興奮灶擴散。同時在相應於這種新異刺激的中樞裏面也產生增高的興奮灶，它逐漸抑制了條件反射的聯系。如果新異刺激具有與條件刺激相同的節律性，那末擴散時相便加強了，而抑制時

相便減弱了。

最後，讓我們再討論另一種觀察的結果。看一看在出現高級神經活動障礙的情況下，大腦皮層生物電流如何變化。

在下列情形之下，造成了家兔高級神經活動的障礙。用後肢電皮膚刺激作為強化刺激，用節律性閃光作為條件刺激，建立了條件性防禦反射。其後，着手用前肢和另一種節律的條件性光刺激建立第二個同樣的反射。在這種情形之下，動物高級神經活動便發生了障礙。這就是

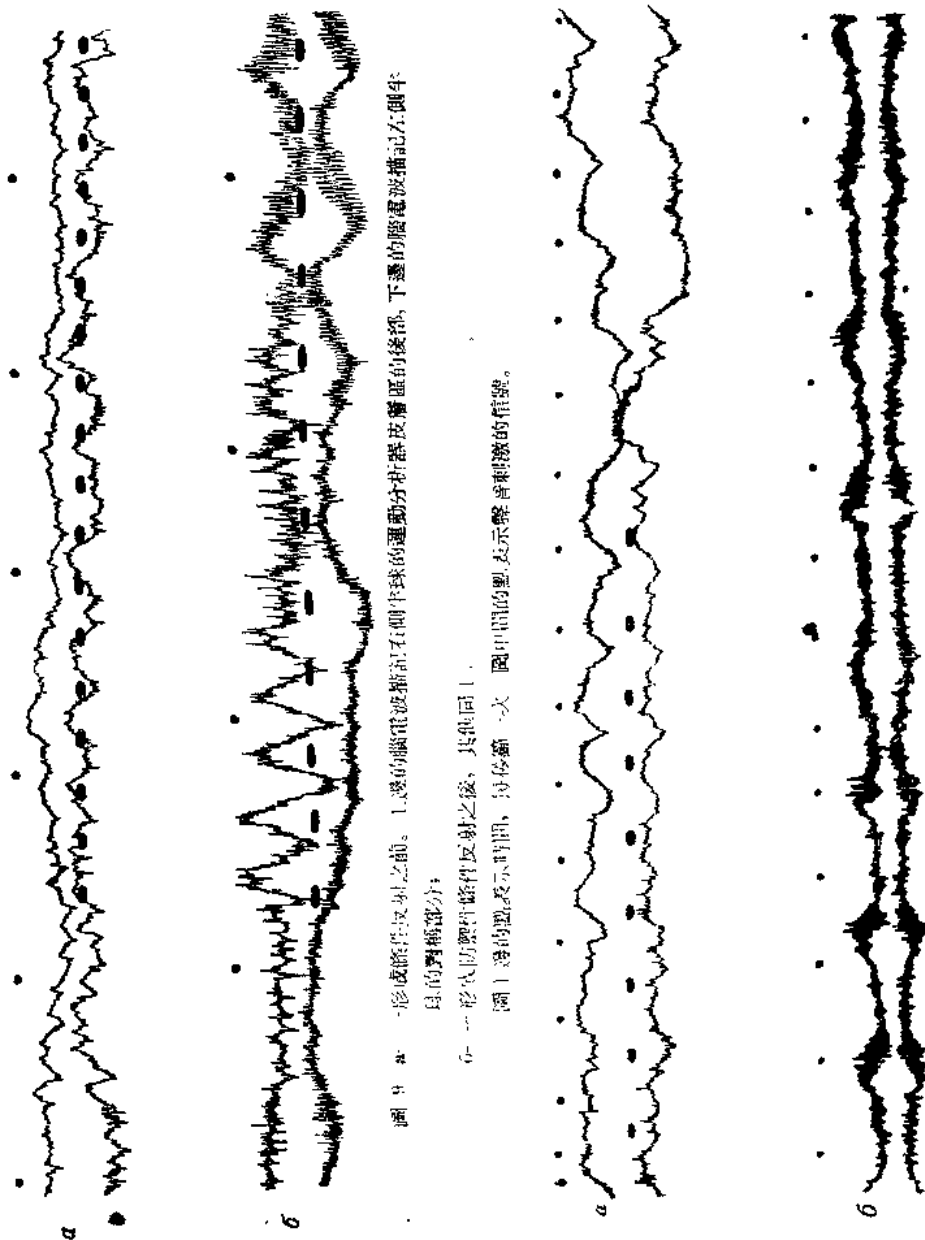


圖 10 a. 一開始建立家兔第二個反射之前。上邊的腦電波描記右側半球運動分析器皮膚區，下邊的腦電波描記同一側半球皮膚區的枕區；

b. 為了建立第二個反射，在一起開始給予 70 次結合之後，其他同上。

c. 圖上邊的點表示光刺激的時間，每秒一次。圖中的點表示光抑制的信號。

d. 圖上邊的點表示光刺激的時間，每秒一次。圖中的點表示光抑制的信號。

圖 9 a. 形成條件反射之前。上邊的腦電波描記右側半球的運動分析器皮膚區，下邊的腦電波描記左側半球的對稱部分；

b. 一形成條件反射之後，其他同上。

圖 1 時的點表示時間，每秒一次。圖中的點表示聲音刺激的信號。

說，當條件刺激僅只在節律上有區別（每秒鐘 4 次和 1.5 次）時，家兔是無法用前肢和後肢形成兩個相同的反射的。高級神經活動的障礙引起條件反射消失和營養紊亂。家兔消瘦了，成綸地脫毛，有時甚至出現了炎症的病變。

隨着建立第二個反射和高級神經活動障礙的出現，在這些家兔的腦電圖中表現了一定的逐漸發展的變化：同化性節律消失了，代替同化性節律的是出現了快速節律（тахиритмия）。曲綫幾乎獲得了直綫的形態，它的上面分布着大量快速的不同時的波（быстрые асинхронные колебания）（圖 10）。

當高級神經活動發生了這種障礙時，給予動物溴劑。連續一個星期，每日給牠皮下注射 0.1 克的溴化鈉。經過一星期之後，皮層的生物電流開始逐漸正常起來。出現了緩慢的節律，但是仍能看到快速節律，雖然已經是減弱了的（圖 11）。

我們並沒有進行更多的使用溴劑的實驗，因此，問題必須進一步加以研究。

由於高級神經活動的障礙，大腦皮層生物電流中所發生的快速節律意味着什麼呢？在人的病理狀態下，例如在大腦外傷、精神分裂症等情形之下，也時常發現快速的節律。許多研究者認為，這種快速節律反映着大腦皮層興奮性（應激性）增強的狀態。但是也可能有其它的解釋。快速節律也可能被看作是皮層神經元系統機能上的解體（失諧調作用 десинхронизация）的後果。

在這方面，下列的實驗是很有趣的。在對家兔同時施用兩種不同節律的刺激的影響之下，可以在牠的皮層裏面看到快速節律的逐漸發展。例如，藉助於特製的眼鏡，使家兔的一隻眼睛受到頻率為每秒 4 次的閃光，而另一隻眼睛受到頻率為每秒 1.7 次的閃光。這兩種相互不同的光綫節律連續作用 20 秒。然後，予以五分鐘的休息，並且再重複刺激。每次實驗都給予 10—15 次這樣的刺激組。一個月之以後，也就是已經給過了 100 次的刺激組，大腦皮層枕區的生物電流便產生了明顯的快速節律。從皮層這一區域所描記的曲綫，與在高級神經活動障礙時所描記的曲綫十分類似（圖 12）。

只用光刺激所引起的快速節律，其特點在於：這種節律僅只發生於枕區，並且一般說來不分布到皮層的其它區域。它幾乎絕不出現在大腦半球的前部。

我們在研究過的這種實驗中看到了兩個不相同的節律發生衝突的明顯例子。結果在生物電流中發生了病理的現象。

在下列實驗中，表現了更加顯著的節律失調的作用。如果用這樣不同節律的條件刺激和非條件刺激建立條件反射，那末在皮層生物電流中也發生了相同的病理現象。

為了建立防禦性條件反射，用每秒 5 次的閃光作為條件刺激，而以每秒 1.9 次的閃光作為強化。在長時期進行建立條件反射之後，即大約經過 2—3 星期，皮層生物電流之中便產生了快速節律，而活動的緩慢形式便受到了阻抑。在這種情況下，這些快速節律廣泛地分布於整個皮層，既佔據了大腦半球的後部並且也佔據了前部（圖 13）。

在這種條件下，無法明顯地獲得反射。在有些場合中，出現了不規則的防禦性條件反應，但是一般說來，動物在條件反射建成之前便死亡了。家兔死亡的原因是由於機體的全身衰竭，並且伴隨着軀體狀態的改變，而這些改變與前面描寫的在高級神經活動障礙之下所發生的情形完全相似。

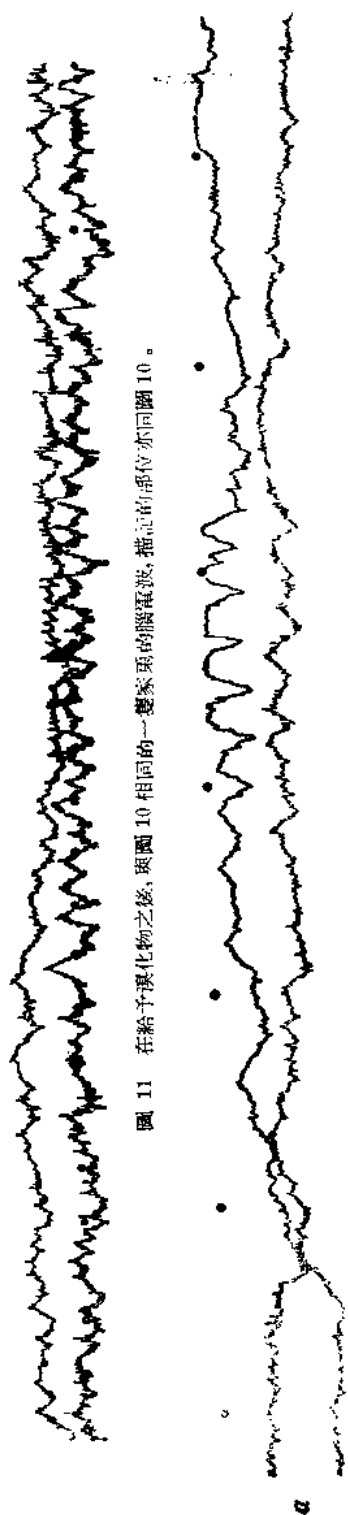


圖 11 在給予溴化物之後，與圖 10 相同的一隻家兔的腦電波，描記的部位亦同圖 10。

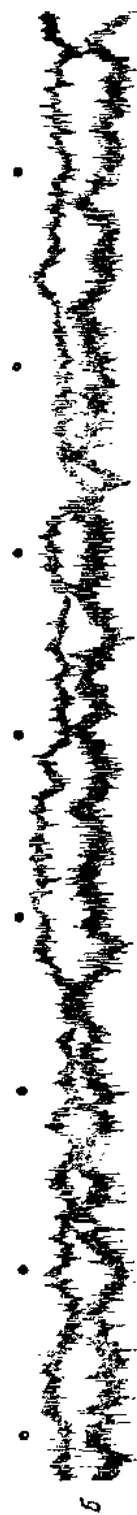


圖 12 4 — 在不同節律的電刺激作用前，右側（上）和左側（下）半球皮層枕部的腦電波；
5 — 在用家兔工作了一個月（已經給予 165 次不同節律的電刺激）之後；其他同上。



圖 13 4 — 在開始建立條件反射之前，右側半球枕區（上）和左半球枕區的運動分析器皮層部（下）的腦電波；
6 — 在用家兔工作了 2-3 星期（結合 150 次之後）；其他同上。
圖上邊的點表示光刺激的信號。圖中間的點表示時間，每秒一次。

上述的觀察使我們相信，快速節律（尤其是在高級神經活動障礙之下所觀察到的那種快速節律）的產生，乃是由於在皮層神經元的作用中發生了特殊的解體（節律失調）以及伴隨這種解體而來的刺激對皮層神經元作用的結果。

最後，讓我們作出一個總的結論。我們認為：根據這些工作可以確定，作為條件反射方法的補充並與條件反射方法相結合的大腦皮層電生理學的研究方法，乃是一種客觀的研究方法，它在進一步發展巴甫洛夫所遺留的事業中，可能而且一定起着重大的作用。

藉助於腦電波描記術，能夠提出和解決由巴甫洛夫所規定的任務中直接引申出來的那些問題。

（赫葆源譯）

巴甫洛夫高級神經活動學說是體育理論的 自然科學基礎^{*}

原載「巴甫洛夫高級神經活動雜誌」1953年第5期

克列斯托甫尼柯夫（А. Н. Крестовников）

列斯加弗特體育學院生理教研室

蘇聯共產黨第十九次代表大會的決議給體育工作者提出了重大的任務。保證進一步發展體育運動是第十九次代表大會的指令之一。

體育是共產主義教育的重要的不可缺少的一部分，除此之外，它還擔負着增強人民體質、準備勞動和保衛社會主義祖國的任務。

在唯物主義生理學面前擺着的一項重大任務，那就是闡明體育理論的自然科學基礎。

體育主要藉助於各種運動性活動的發展，對於人類的機體起着強有力的訓練、教育和增進健康的作用。

因此，運動技巧發展的規律性和生理學本質的問題，即機體機能可能性（或機能範圍——譯者）擴展的生理機制的問題，乃是體育理論自然科學基礎的中心問題之一。

在解決這個問題的時候，我們必須從謝切諾夫的思想出發，必須從巴甫洛夫高級神經活動學說的基本原則出發，尤其是應該從巴甫洛夫關於所謂隨意運動的生理機制的理論見解出發。

1926年，巴甫洛夫根據克拉斯諾果爾斯基對人的運動性活動的實驗研究和觀察的材料寫道：「……皮層的動覺細胞，都是可能與皮層的所有細胞相聯系的，也就是可能與所有的外在影響的代表區乃至有機體一切可能的內在過程之代表區相聯系的，並且事實上也真是相聯系着的。」對於所謂隨意運動來說，這就是它的生理學基礎，也就是這類運動為皮層的一種總和活

* 本文係作者在謝切諾夫生理學會、蘇聯科學院巴甫洛夫生理研究所、蘇聯醫學科學院實驗醫學研究所、基洛夫軍醫學院、海軍軍醫學院及列斯加弗特體育學院聯合舉辦的巴甫洛夫誕生104周年紀念大會上的報告。

動所制約的生理學基礎。(註1)

我們認為，應該把體育運動技巧看作是複雜的、複合的條件性運動反射。

因為在實現這種條件反射的時候有許多的分析器參與，所以說它是複合性的；至於所說的「複雜的」這幾個字是指的這種情況，就是運動中的運動技巧常常不只是單個的反射，而是陽性條件反射和陰性條件反射的一個系統。

我們認為，根據巴甫洛夫整個的唯物主義學說而提出的觀點可以使我們富有成果地來分析生理學所積累的材料和教育學上所觀察到的材料，為我們揭開了繼續進行科學研究的寬闊的遠景和指出了正確地、有科學根據地去安排體育運動制度的方法。

在體育運動生理學的領域中，研究和觀察運動員的所謂起始運動前狀態、試驗性器械運動和對掌握新動作過程的教育學上的觀察都有着特殊的意義。惟有根據巴甫洛夫的現代大腦生理學的觀點才有可能分析這些所有的材料；這種分析確定了人類運動技巧的條件反射性本質，並且也指出了在第一與第二信號系統相互作用下、在社會的和自然環境的影響下運動技巧形成過程的複雜性。

雖然我們有了上述的證實了巴甫洛夫關於隨意運動生理機制觀點的確鑿的實驗材料，然而，我們把這種在本世紀三十年代所提出的概念貫徹到體育理論與實踐中去並不是沒有經過鬥爭的。

在體育理論與實踐領域內的許多工作者都曾經作了別爾施坦(Н. А. Бернштейн)所提出的關於動作形成的反巴甫洛夫觀點的俘虜了。

別爾施坦是不承認條件反射過程為高級神經活動的基本機制的，並且他還在自己的關於動作形成的理論中惡毒地發展了極端錯誤的觀點，他認為所謂的自動性動作不受大腦皮層的支配，而僅受中樞神經系統低級部位的管轄。

在向反巴甫洛夫觀點進行的鬥爭當中，關於複雜的體育運動技巧形成的皮層機制的觀點更加向前發展和更加精確了。

巴甫洛夫所確定的皮層動力定型的各種規律對於理解複雜運動技巧的形成過程有着極其特殊重要的意義。

根據許多實驗室的多種多樣的研究，確定了現代的皮層神經過程動力定型(動力定型是運動員運動性活動的基礎)特性的概念；肯定了運動時機體各種機能參與的程度的概念和改善皮層活動的方法的概念。

有關內臟活動的皮層調節的材料，關於各種分析器在實現某種動作當中的作用的資料，對運動員神經肌肉裝置的機能狀態的研究，對於在掌握動作的過程中第一與第二信號系統相互作用特點的研究，對運動員皮層神經過程性質的研究以及對掌握動作過程實行的教育學上的觀察及生物化學研究材料的分析，都推進了上述的現代觀點的發展。

在上述這些研究中，對運動員起始運動前狀態的研究是首要的。從1928年起，我教研室的同人們就搜集了有關體操運動員、田徑運動員、滑雪手和拳術家的起始運動反應方面的材料。

(註1) 巴甫洛夫全集，卷三，1949年，第554頁。