# 條件反射是動物界普遍的適应現象*

Л. Г. 沃羅寧

（苏俄教育科学院通訊院士，莫斯科大学教授）

在談到動物界中由於巴甫洛夫的研究而獲得"條件反射"名称的那种適应現象的生物学意義之前，我想簡略地談一下歷史的節錄。

我們科学的实驗生理学是以在大約100年前И.М.謝切諾夫進行研究的時期爲自己的起點的。

И.М.謝切諾夫被公認爲俄羅斯生理学之父。他那關於中樞抑制的卓越的發現，關於血液中的氣体和肌肉活動的实驗事实，以及对心理現象加以唯物的解釋的嘗試，都是進一步研究一系列重要的生理学問題的起點。

И.П.巴甫洛夫和Е.Н.維金斯基二大生理学学派主要是和謝切諾夫的工作有联系的。謝切諾夫用方法学上很簡單的实驗証实了中樞神經系統存在着在外部表現上与興奮相对立的抑制現象，这就成爲И.П.巴甫洛夫和維金斯基二学派關於闡明抑制过程机制的許多研究的基礎。所有的神經活動都是建立在興奮和抑制过程的基礎上的。興奮和抑制按照其本身表現的效果來看，是互相对立的。它們彼此相互限制和均衡，同時能相互加强或轉化。由於他們之間的相互關係而產生了有机体的複雜的反应，如先天的反应、遺傳的反应以及在個体生活中所獲得的反应。

И. П. 巴甫洛夫以及他的学生和繼承者証实了：在中樞神經系統高級部分中，也就是在大腦中，这种过程的相互作用是最複雜的，所有的高級神經活動或心理活動都是建立在这些神經过程的相互作用、相互均衡以及相互轉化的能力發展的一定程度上的。巴甫洛夫和他的学生的研究証实了强烈的外界作用能够对有机体發生有害的後果，它表現爲興奮和抑制的複雜相互作用遭到破壞，这時高級神經活動、心理活動即變成病態的了。大腦活動的这些基本机制的揭露使我們有可能用提高或降低興奮和抑制过程或者改變它們之間的相互關係的方式來影响常態的和病理的高級神經活動。

这些科学知識对教育学、心理学和医学來說，具有極大的意義。

从生理学家的观點看來，教師的工作就是用教育的方法來影响兒童的神經系統，这也就是加强和減弱興奮或抑制的过程，並訓練这兩种过程，使它們处於一种最易於建立暫時联繫和條件反射，也就是掌握新知識和熟練的相互關係中。医生要是想恢復病人的被破壞的高級神經活動，那麼他就要用藥物或是用其他的方法來影响興奮和抑制过程，加强或減弱二者之一或者是改善它們的均衡。

要想說明俄羅斯生理学家研究神經过程的發展道路，那就要从謝切諾夫用青蛙做实驗開始一直叙述到巴甫洛夫和他的学生在实驗室環境中用高等動物來做实驗，以至於对人的臨床观察，这恐怕需要一個專門的報告。

应該着重指出：關於神經过程的研究是現代生理学的重要問題之一。現在，在苏联的各种教学机構和科学研究机構中有很多实驗室，都正在研究着这個問題。

在貝科夫、奥爾別里、斯拔郎斯基和別利大施維里等院士的实驗室中，在伊凡諾夫-斯摩稜斯基、阿斯拉羌、阿諾亨、庫巴洛夫以及其他教授的实驗室中正在研究着这個問題以及其他的一些生理学問題。

不久以前在莫斯科苏联医学科学院所召開的年会就是爲了討論神經过程的問題而舉行的，从

* 本文是作者於1955年4—6月間訪問我國時向我國科学工作者所作的報告。——編者按



© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

这一點就可以証明这問題是多麼重要。

在開会的三天过程中，生理学家和医学家在有關今後实驗工作的方法以及將这些实驗結果应用到臨床中去的可能等方面交換了意見。

应該說明：雖然在这方面有了顯著的成就，但还存在着若干落後的地方，这是由於生理学家还不能充分利用現代的技術，甚至还很少利用現代化学、物理学、數学的成就。这是極其重要的情况，因爲这樣就阻礙了認識神經过程——興奮及抑制的物理化学基礎的本質。

很早以前就有人注意到了神經系統中產生的物理化学現象。

在十九世紀的八十年代，哈爾科夫大学的蓮尼列夫斯基教授就利用了当代的物理学技術，利用了很靈敏的電流計來記錄大腦的電学現象。

蓮尼列夫斯基的工作爲各國近50年來所精細研究的有關生物電学过程的許多研究工作奠定了基礎。

目前这些現象的記錄技術已達到非常完善的地步，这些研究的結果在臨床上具有实際的意義。心動電流描記器和腦電波描記器在測定机能性破壞以及在測定形腺損傷程度等方面已經成爲廣泛应用的方法。

在苏联很多教学机構和科学研究机構的实驗室裏，对神經的電学現象進行着精細而全面的研究。在这方面应該提出來的，有莫斯科的露西諾夫教授和利凡諾夫教授、羅斯托夫的科岡教授、列寧格勒的瓦西利也夫教授和格爾舒尼教授以及在其他城市的研究这個問題的許多工作人員。我們的電生理学家对如下的問題是感到興趣的：生物電学現象和興奮与抑制的神經过程的關係，它們的本質，在十分細微的神經組織——神經細胞和纖維中興奮和抑制的進程，用很多點來紀錄生物電位的完善技術，在臨床实踐中採用这方面实驗研究的結果以及其他等等。

生物化学方面的研究也有了顯著的進展。这些研究是在於闡明各种含氮的、含磷的物質以及其他物質和中樞神經系統不同部位的机能的關係，以及和中樞神經系統不同狀態的關係。

基輔的巴拉金院士的实驗室、列寧格勒的符拉基米洛夫教授和克列布斯等人的实驗室以及苏联其他城市中的一些实驗室都在研究这些問題。

大家知道高級神經活動生理学家是用動物來進行实驗的，同時他們也希望自己的工作在最後能闡明人和動物神經活動的普遍規律。

可是，25年多以來，許多生理学家已經注意到了人的高級神經活動的研究。如今这個重要的問題仍然在許多的研究所和实驗室中研究着。首先应該指出的是依凡諾夫—斯摩稜斯基教授、克拉斯諾戈爾斯基教授、卡沙特金教授、奧爾貝里院士等的实驗室都收集了在正常情况下和在病理情况下有關兒童和成人的高級神經活動的科学資料。

除了研究人類的高級神經活動之外，用動物作实驗仍然是有意義的，特別是在各种不同發展水平的動物身上所進行的实驗；此外这些实驗还具有更大的意義。

在個別的实驗室裏（如科施塔揚茨教授、比留科夫教授、斯洛尼姆教授和沃羅寧教授以及其他人的实驗室）都進行着動物的高級神經活動的比較生理学研究。

我們的生理学家的科学研究工作並不只局限於中樞神經系統机能的研究。由於神經系統的傑出的作用，也就是說，由於它統一、調節和管制着有机体的机能，生理学家十分重視中樞神經系統的研究。很多生理学实驗室和病理生理学实驗室以及個別的研究工作者在研究消化生理、循環生理、呼吸生理、內分泌生理、神經肌肉生理、感官生理等。研究这些問題的有貝科夫院士（列寧格勒）、切爾尼哥夫斯基（莫斯科）、塞爾吉也夫斯基（古比雪夫）、巴庫拉節（第比里斯）、藍姆索諾夫（莫斯科）、羅然斯基（羅斯托夫）等教授的实驗室及其他規模較大的实驗室。

这些研究是有其歷史根源的，例如彼得堡大学（現在的列寧格勒大学）的奧夫斯揚尼科夫教授、新俄大学的維利果教授、喀山大学的美斯洛夫斯基教授、哈爾科夫大学的丹尼列夫斯基教授及其他十九世紀下半葉和本世紀的初期的生理学家的科学工作。

在消化和血液循環生理学及病理生理学的發展中，以及在進一步發展生理学的这些部門的事業中，巴甫洛夫的工作是具有特殊意義的。

应該强調指出，正像其他科学知識領域一樣



© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

有着丰富遺產的我們的生理学，在偉大十月革命以後獲得了有利於其發展的特殊的條件，实驗室和教研室的數量增加了好幾倍，成千的年輕科学工作者从事着科学工作。爲了發展生理学，每年撥付大量的經費。巴甫洛夫一生的大部分時間是在革命前俄羅斯的條件下工作的，他讚揚革命後科学工作者的美好的條件，和有利於他所熱愛的事業發展的條件。

苏联共產党及苏联政府对巴甫洛夫的生理学学說和整個生理学予以極大的關懷。

大家知道，在1950年苏联科学院和苏联医学科学院的联合会議就是爲了对於医学、心理学、教育学及哲学都有重大意義的巴甫洛夫生理学說而召開的。在这次会議上確定了一系列重要的生理学的研究問題，这些問題現在在我們的研究所和实驗室裏都順利地研究着。应該說明，曾受到嚴厲的指責，然而也是公正批評的個別的大生理学家如奥爾別里院士、別利大施維里院士、阿諾亨教授、庫巴洛夫教授、列別金斯基教授，都接受了批評，現在勝利地改造着自己的科学研究工作。

大家知道巴甫洛夫高級神經活動学說是依靠於反射学說的。

这個学說的三個唯物主義的原則是：一、因果原理——沒有原因就沒有机体的活動；二、分析和綜合的原理——把对有机体的作用分析爲各個部分以及把对有机体的分散作用綜合爲整体；三、机体与結構一致的原理——沒有这樣的机能，它是脫離机体結構的本体的。这些原則使我們有可能認識有机体与其周圍環境間自然而又眞实的關係。

有机体在和周圍環境的相互作用下經常適应於環境，並与環境影响取得平衡。早在法國的医生和哲学家笛卡兒時即認爲这种適应性的神經机制是反射的動作。有机体以反射來回答外界的作用。例如，有外來的东西，像食物屑、黏液和水落到氣管裏去的話，那末由於这些外來的顆粒所引起的興奮会沿着相应的感覚神經傳達到分佈在延腦的咳嗽中樞，並刺激它。咳嗽中樞興奮的結果在其中產生了相应的衝動，它通过運動性神經傳到呼吸肌肉。在这种衝動的影响下呼吸肌肉强有力地收縮，所呼出的空氣變成劇烈的氣流，这氣流將落入氣管的外來物体噴出來。因此，在反射机制的基礎上实現着对有机体有益的適应性的反映運動，它保証了動物在不適於生存的條件下的生活。例如外來顆粒落入呼吸喉头的時候，無疑地对有机体是有害的。諸如此類的在動物的行爲中有顯著適应意義的反射很多。主要的有下列幾种：朝向反射、警戒反射、防禦反射、吞嚥反射、食物反射、血管反射、運動反射和性反射等，这些反射本質上的特點就在於它們是動物机体对某种外界環境作用的先天反应。

先天反射的適应意義是沒有疑問的，是顯著的。它們保証了在各种情况中動物机体与環境的均衡。但很顯然地，先天的反射不能永遠保障動物的適应行爲。只有在環境对有机体作用是經常的和同樣的時候这些反射才表現出它們的生物学意義。当環境變化具有突然的、多樣的和非常易變的特點時（这正是動物生存環境的特點），这种反射作爲適应的机制是不够的。

由於巴甫洛夫多年的研究，發現了另一种反射，这是有机体与環境直接联系形式的先天反射的補充，它是動物適应行爲中具有新的性質的机制——暫時联系——條件反射，動物具有條件反射就能在具体的生存條件中更精確更廣泛地定向。

條件反射的实質是什麼呢？

若是把外界環境中任何的新異刺激在時間上和机体的某种活動結合幾次，那麼这种早先無關的刺激即成爲動物該种活動的信号的、條件的刺激。例如把对動物來說在生物学上是無關的電鈴的鈴声的作用，在時間上和動物的喂食相結合，則經过幾次这樣的結合以後，動物对鈴声就產生食物性運動，分泌唾液、胃液等。在这种情况下消化腺不僅僅对直接施用的食物分泌其消化液，而且对條件刺激——鈴声也分泌消化液，这就是根據條件信号——電鈴的鈴声与有机体的食物反应同時發生作用这一原則而形成的條件反射。

巴甫洛夫称这种反射爲條件反射，是因爲这种反射是在一定的條件下形成的，其中主要的條件之一就是先前是無關動因的刺激与在这個例子中的有机体的吃食相結合。巴甫洛夫也把这种反射称之爲接通作用，因爲这种反射要借助於接通作用才能实現，这种接通作用是大腦半球上在接



© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

受来自外界最多种多樣作用的神經細胞和那些支配有机体这种或那种活動的皮層神經細胞之間形成了暫時性的机能联系。巴甫洛夫也把條件反射称之爲暫時联系，同時特別强調它的暫時的性質，因爲实驗証明，如果形成條件反射的條件變化了，那麼反射本身也就不見了。

動物的個体經驗是藉助於條件反射而積累起來的。動物獲得了根據環境信号在生存環境中定向並適应於生活條件的能力，即根據一些信号來尋找食物，而根據另一些信号來躲避危險。條件反射是動物個体適应行爲的基礎。高級神經活動比較生理学探索暫時联系發展的不同順序階段，以及它的複雜化过程，从而確定从神經系統的初級形式到最複雜的神經系統（人類的神經系統）的机能逐漸發展的規律。生理学家研究了低等動物的高級神經活動才有可能去研究在高等動物身上不容易观察到的現象；因爲这些現象已經成爲更複雜現象的不能分裂的部分了，它們也掩蔽那些更簡單的行爲表現。这也就是動物的高級神經活動比較生理学研究的意義，这种研究丰富了關於動物界的多樣性的知識。

在比較生理学中研究不同發展水平的現代動物時，我們不应該忘記，它們只是在一般的特點上反映了進化过程中的这一階段或另一階段。現代動物的每一個种是在一定的生存條件下發展來的並在發展着，它們在某种程度上接近或遠離其進化的"出發"階段。

早在巴甫洛夫生前，他的学生和繼承者在本世紀的二十年代就開始用海鞘、魚、爬蟲類、鳥、齧齒動物以及猴等來進行一系列的條件反射的比較生理学研究。这些研究所得到的結果更証实了巴甫洛夫学說的很多的基本原理，首先是關於暫時联系的廣泛性的原理。

在條件反射比較生理学研究的最初時期即証实了在許多脊椎動物和無脊椎動物代表身上建立暫時联系的可能性。

條件反射比較生理学初期的缺點就在於用不同方法（防禦的或食物的）在不同發展水平的動物身上進行实驗所獲得的結果是不能進行比較对照的，甚至也沒有办法進行概括。

我們現在的任務是用統一的方法对脊椎動物各綱的代表——魚、爬蟲、鳥（鷄、鴿、鴨及其他）、哺乳類（兔、狗、低級的和高級的猴）做高級神經活動的比較生理学上的一系列問題的研究。通过这些研究所達到的目的是建立一种統一的方法，不僅在施行的技術方面是一致的，而主要的是要它適合於動物的生物学特性。

在我們的研究工作中，我們利用了一般在实驗室試驗中所常用的人工的刺激，如光和声音，而我們記錄一些動物要得到食物所必須做的而又極具有代表性的個別的自然運動作爲回答性活動。我們研究用的動物在自然條件下是用各种方法取得食物的，如用四肢、牙齒、喙、顎、扒土、搬翻石头、折斷樹葉等等。我們把这些個別的運動和一定的人工信号相結合，而後用食物來强化这些信号，用这种方法來把这种個別的運動轉變爲條件反射性的動作。

我們沒有採用表現爲動物奔向餵食地點的，对食物性條件刺激的一般的運動反应來作爲條件反射活動的基本指標，在我們之前有許多研究工作者是这樣做的並称之爲"奔跑方法"，而我們是採用了这种一般運動的個別動作，如表現爲用四肢、牙齒、喙或顎來抓捉和咬住槓桿、圈環或其他類似裝置的方法來作爲指標。

爲每一种動物都特別製造了適合其解剖生理和生物学特性的实驗裝置。適应於上述方法的要求，在放置实驗動物的地方設置了一些特殊裝置，如槓桿、踏板、圈環或在綫上懸掛的小珠。按压这一零件或是它的懸綫，則經过氣体的傳導而記錄在記紋鼓的轉動着的卷紙上。

最初動物習慣了"抓握運動"。在那些動物，如高等猴類、有幾种鳥（如塞鴞）和魚等具有表現得很明顯的朝向探究反射的動物身上，食物与槓桿、圈環或小珠間的联系可以用下列的方法來建立。在把槓桿或圈環放到籠旁的時候，或把用綫懸掛的小珠放到魚缸裏的時候，動物表現出朝向反应——"这是什麼"的反应，同時開始"探究"——即用四肢或顎去抓握这一东西。把動物的这种"探究"運動和每次給它一小塊食料相結合，經过5——15次的結合即建立了暫時联繫。動物看到圈環、槓桿或小珠時即抓握它們，在此以後取得落到食盤中的一小塊食物。在朝向探求運動表現得不明顯或这种運動很快就消失的動物，那麼最好是要"引起"这种"抓握"反应。这可以用



© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

下列的方法來做。用一塊小食料拴在槓桿、圈環或是衝嘴上面。在動物抓取这塊食物時，同時也压了这個放有食物的物体。在这時候实驗者將大塊食物放到槓桿或圈環旁边的食槽裏去。这樣的被"引起"的運動和給食結合3——30次之後，那麼"抓握"運動与給食之間的牢固的联系就建立起來了。

在朝向運動与食物間的暫時联繫鞏固了之後，实驗者即可在任何一种外界的信号，如声音和光，与運動和食物之間建立起新的联繫。这可以用任何外界信号与朝向運動和吃食動作結合方法而得到。这就是說，当動物按压的時候，例如压槓桿的時候，实驗者可開動電鈴、節拍器或開亮放在動物的視野中的電灯。數次結合的結果就形成多少是牢固的獲取食物的條件反射。終於確定了規律性的現象，也就是說，只要一發動條件信号，動物就到食槽边，產生相应的運動並攫取食物。

用我們这种方法來建立獲取食物的運動條件反射時，我們在各种發展程度不同的動物身上，如魚（鯉魚）、龜（草原的和希臘的）、鳥（雞、鴨、寒鴉、鴉、鴿）、哺乳動物（兔、狗、捲尾猴、狗头猴和類人猿），沒有找到过它們在建立條件反射的速度上存在着任何的差別。

实驗証明了，在同一分類学類羣中的不同個体的实驗動物身上爲形成暫時联系所必需的條件刺激和非條件刺激結合的次數是有很大的變動的。動物机体的發展程度和條件反射建立的速度之間並無直接的相互關係，这已經是確定了的。对所有的動物來說，需要把條件信号和動物的保証獲得食物的運動以及隨後的吃食的動作平均結合5——25次。

在实驗中，我們常常遇到这种情况，就是低等的或高等的脊椎動物（如龜和類人猿）條件反射形成的速度是一樣的。同時，在個別的高等動物的個体上（如低等的猴、狗）倒比低等脊椎動物需要把刺激、運動和吃食動作做更多次的結合。从这裏可得出結論，很可能是在許多脊椎動物中，在建立陽性條件反射的速度上的巨大變動不是直接依賴於他們神經系統發展的程度，而是依賴於其他條件。首先我們在观察过程中注意到这一事实，这就是說，朝向探究反应愈發達的動物，愈是不馴服的動物，則條件反射形成愈慢。在像猴子这樣的一些動物，在把條件刺激和食物結合的時候，外界偶然發生的任何情况都会抑制了條件反射的形成。

下面的研究工作証明了，在所有的低等動物，不論它們是哪一种，都清楚地表現出個性的特點。興奮型動物的暫時联繫比抑制型的動物要形成得快得多。

这是由於動物有机体依照其周圍環境的"信号"而在周圍環境中定向的特性是一般的特性。正像在陸地生活的條件下一切生物並不一定要依靠高級形式的複雜的呼吸机能，却都具有氣体交換的本性；同樣地，動物借助於暫時联繫而適应於經常不斷變化的環境也是如此。

不管動物的生物学差別的複雜程度如何，動物總是按照一般性的規律与其生存環境相联繫着的。顯然，假如有些動物只有經过成百次的"信号"結合後才能"適当地"对環境的變化發生反应，那麼这种動物就不能够適应。很可能在動物还沒有形成條件反射之前，它就因爲缺少食物而餓死，或是死於有害的環境。

條件反射比較生理学当前的任務是闡述動物高級神經活動的差別，从我們的观點看來，这种差別就在於与環境建立联繫的廣度上。这种可能性是由於机能的集中程度而决定的，是由於机体的神經系統分析-綜合特性的發展程度而决定的，也就是說是由对外界作用多樣性的分解与联合的特性所决定，也由於神經过程特性的發展程度，以及神經系統保存刺激物痕跡作用和这些痕跡与現存的刺激配合起來的能力來决定的。正像許多研究者所指出的，在这种動物或是那种動物的行爲特點的形成过程中，它的生存環境起了極大的作用。在貝科夫和比留科夫实驗室中完成的許多研究表明在有机体生活的自然條件中，採用自然的刺激物或接近於自然刺激的刺激物來研究動物的高級神經活動是具有多麼丰富的成果。

是否能成功地选擇動物的自然運動，对於形成運動條件反射的速度具有頗爲重要的意義，这种自然運動條件反射在实驗的过程中会轉變爲條件反射。例如，我們在一隻狗身上建立運動條件反射的方法是結合着詞的刺激"伸出脚來"或是結合着实驗室通常用的刺激物——節拍机、電鈴，



© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

强迫狗伸出肢体並給以一塊食物。正如我們所期望的，經过20——30次这樣的結合之後，動物以伸出脚掌來回答刺激物。

当我們開始把調"伸出脚來"結合着迫使其後脚掌的運動，其後並給狗以食物——一塊肉時，我們得到完全是另一樣的結果。

儘管是採用了200次以上的这樣的結合，食物運動條件反射並沒有形成，因爲狗的後肢与攫取食物並沒有直接的關係。自然，經过很長的時間可以实現被引起反应的生物学意義的改造，但是類似的实驗对動物的神經系統說來是困难的課題，而且可能引起高級神經活動的毛病。

不同動物的高級神經活動的質的差別究竟在那裏呢？

以動物高級神經活動的客观研究爲基礎的巴甫洛夫学說指明：对全部動物界說來，形成暫時联系的原則是一致的。暫時联系机制的量的增長或是如巴甫洛夫所說的在不同進化水平動物的这些机制的"複雜化"就引向高級神經活動差別的質的變化。量變到質變是辯証發展的重要規律之一。條件反射机制的逐漸的量的積累最後引向高級神經活動的質變。

我們肯定了形成條件反射的速度不能做爲分別動物高級神經活動的質的差別的準繩之後，我們从事於另一方面的研究。首先是注意到神經过程——興奮、抑制——的特性，这兩种过程制約着高級神經活動机能的完善化。

神經过程的特性——它們的力量、靈活性和均衡性是彼此不可分地联系着，但在進化的过程中它們的發展，特別是靈活性的發展，大概是起着最大的作用。

И. П. 巴甫洛夫的学生和後繼者 П. К. 彼特洛娃、В. В. 雅柯夫列娃、Ф. Н. 馬伊羅夫等人在神經过程的靈活性的研究上作过許多工作。例如，以弱的鈴声和食物相結合形成陽性條件反射，而强的鈴声不和食物相結合，因此对强的鈴声形成陰性條件反射，那就是動物对这個刺激物不發生唾液的和運動的反应。然後实驗者改變刺激物的信号意義：强的鈴声和食物結合，弱的鈴声不和食物結合。動物按照刺激物的新的信号意義相应地改變了自己的行爲。它漸漸地開始对强的鈴声發生了陽性反应，而对弱的鈴声發生了陰性反应。行爲的個別反应的改造的可能性以及動物对刺激物的態度的改變的速度决定於神經过程——興奮和抑制的靈活性。

例如曾經查明了，同一种動物的不同個体，例如狗，它的神經过程的靈活性的程度就不同。有的狗对被改變了信号意義的條件刺激物的態度改變得很快，而有的狗对改變了信号意義的條件刺激物很慢才改變反应。

爲了闡明神經系統不同發展水平的動物的神經过程的靈活性，我們的实驗室的工作人員对魚、龜、鳥、兔、狗、狒狒和類人猿進行了比較研究。

原來，爲了要動物对改變了信号意義的條件刺激物也相应地改變其反应，就要求多次的刺激，甚至是相同种類的改造也要求多次的刺激，而对魚和龜來說，这种課題本來是很困难的。例如：从三條实驗用的魚裏只有一條魚对改變了信号意義的刺激物改變了反应。爲了做到这一步，須要採用具有新的信号意義的刺激物30次。甚至在5隻龜裏有2隻龜不能实現條件反射的改造。对於用來作这种实驗的龜來說，要達到这种目的，則須採用25——50次刺激。爲了改造鳥的條件反射要給41——120次的刺激；兔，47——107次；狗，33——96次；狒狒，9——58次；類人猿只要4——6次。

从所引用的材料中可以見到，神經系統結構水平不同的動物的條件反射在原則上本來是有改造的可能的。同時查明條件反射改造的速度与实驗对象在動物界中的地位，即与動物的組織水平之間是沒有確切地表現出依存性的。只有在最爲發展的動物——類人猿，條件反射的改造实現得較快。在我們做研究用的其餘的動物中，神經过程靈活性的個体的特點是顯著地表現出來了的。常常会遇到有的魚或龜，在它們实現條件反射的改造要比鳥或是兔子，甚至比狗还要快。

但是在我們利用重複條件反射的改造來着手訓練神經系統的靈活性的時候，在條件反射活動中就有了顯然的差別。

大家都知道，如果使條件反射重複改造的話，那末每一後繼的改造總是实現得要快些。在進行動物條件反射重複改造的实驗時，我們看到了動物解决实驗課題的程度与它的神經系統的組織程



© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

度之間顯然表現出來的依賴性；動物發展的水平愈高，它就愈易於克服实驗的困难條件。被試驗的魚在第二次改造所需要的刺激比第一次改造要大5倍，即以150次的刺激代替了30次的刺激，而在第三次改造時它們的所有的條件反射就都消失了。龜的每一後繼的改造需要与第一次改造大致相同的刺激，即从練習中观察不出任何的效果來。我們应当指出，有一隻龜，就如某些魚一樣，在第三次改造時所有的條件反射都消失了，而其餘兩隻龜的这种情形是在第5次改造時發生的。由此可見，不論魚的重複改造，抑或龜的重複改造，都不能導致神經过程靈活性的改善，而相反地，会引致神經系統的过度緊張，因而就引起了它們的條件反射活動的最强烈的破壞。

鳥和家兔的重複改造引不起條件反射的强烈的破壞，而所有的重複改造实現得都要比以前多少快一些，特別是家兔尤其如此。誠然，这些動物的神經过程的靈活性練習的效果是不能顯然表現出來的，但幾次改造後，在許多場合下鳥和家兔條件反射的通常改造所需要的刺激要比第一次改造少些。这樣，如果鳥在第一次改造時需要41——120次的刺激，家兔需要21——70次的刺激的話，那末鳥的第4次改造是在21——70次刺激後完成的；而家兔是在25次刺激後完成的。

在狒狒和狗身上，神經过程靈活性受到訓練的現象，是很顯著的。甚至條件反射第2次的改造就比條件反射的第1次改造所需要的刺激要少得多。在狒狒和一個狗身上，第4次改造的時候，其條件反射在新的信号意義的刺激物应用2次之後就被改造。而在具有着較强的神經过程的第2個狗身上，爲了連到2次刺激之後而对新的信号意義的刺激物有着適当的反应，要求6次的改造。重複的改造既沒有在狗身上，也沒有在狒狒身上引起條件反射活動的破壞。

類人猿的情況是特殊的。在它們身上，經过3次的改造後，只一次应用新的信号意義的刺激物，就使得動物在刺激物的下一次应用時就用適当的方式來反应。

由此可見，事实証明動物的神經系統越發展，則神經系統应付外在影响的經常的和激烈的改變的穩定性也越大。

这個結論也在我們实驗室中關於興奮和抑制过程相互作用的研究的進一步的工作中得到証实。在巴甫洛夫实驗室中，大量的研究是花費在这個問題上的。其中最主要的是有關條件抑制形成規律的研究。

我們提一下，这种內抑制是在这樣情况下形成的，即在某种無關的刺激物与陽性的條件刺激物相結合，而不以食物來伴隨这個複合物的情况下形成的。無關的刺激物与條件的刺激物可以同時發生，無關動因可以直接發生在條件刺激物之前或在無關動因与條件刺激之間有幾秒或幾十秒的間歇。在所有这些情况下，正像研究所表明的，內抑制形成的过程是進行得不同的。在無關的与條件的刺激物同時發生的情况下，條件抑制容易形成。如果無關刺激物在條件刺激物之前發生，而它們之間有10——20秒的間歇的話，那麼可以观察到一种時相，当時無關刺激物獲得了陽性的意義，即形成二級條件反射，然後是條件抑制。

根據我們实驗室裏对魚、龜、鳥、家兔、狒狒和類人猿所進行的比較生理学研究的結果，已証明條件抑制形成的差別是取决於動物神經系統發展水平的。

在同時应用無關動因与條件刺激物的條件下，一切動物的條件抑制都比較容易形成。條件抑制在類人猿和狒狒形成得最快，而在其他動物則較慢。例如在類人猿应用3——6次條件抑制複合物後形成條件抑制；在龜应用7——143次後形成；而在魚則应用15——20次以後形成。由此可見。只是在某些龜身上，这种形式的內抑制才產生得最爲困难。

在連續結合無關動因与條件刺激物情况下，当它們之間插入5——10秒間隔時，條件抑制只能在狒狒身上是穩固的。假使在这樣的情况下鳥和兔子也能建立條件抑制，那麼就需要很多次的刺激，而且條件抑制在它們身上是不穩固的，它是間互出現的，同時參雜地出現二級條件反射。

在連續的結合無關動因与陽性條件刺激物的情况下，在龜身上是不能建立條件抑制的。在这种情况下，如果無關動因与條件刺激物之間間隔期爲10秒，那末在魚身上亦不能建立條件抑制。

在無關動因首先開始作用之後，經过幾秒鐘然後給予條件刺激的情况下，在魚及龜身上不能建立條件抑制，这可以假設是因爲这些動物的神



© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

經系統的高級部位不能保留刺激的痕跡或者它們只保持很短的時間。

我們立刻用專門实驗來檢查这個根據條件抑制实驗而來的假設。如果說，神經興奮痕跡的保留是直接依賴於神經系統發展的水平，那末我們可以說，在各种不同的動物身上條件反射的質的差別不僅僅表現在暫時條件联繫範圍的廣度上，而且甚至表現在動物沒有受訓練的場合下的暫時條件联系的保留的持久性方面。

由此可見，在神經过程興奮与抑制的靈活性的研究裏以及興奮和抑制的相互關係的研究裏，除去闡明了在動物种族發生系統上一系列代表性動物的高級神經活動中的共同性的事实之外，也闡明了差異之处。

在晚近，我們記錄了一些事实，得以証明動物在進化过程中由於对机体的複雜作用的非常細緻的分辨而發生定向作用時就發展了与外界建立联系的能力。

引用一個大家都知道的事实，在高等動物——狗和猿猴都可以建立对複雜刺激物，如由声和光的動因所組成的刺激物的條件反射。

大家也都知道，如果個別地採用这些動因，而不伴隨以食物，那就是說不去强化動物，那麼这些刺激物將不会引起條件反射。可以造成这樣一种情况，動物对同時作用的声和光以條件反射來反应——分泌唾液、有食物性運動反应，而孤立作用的，個別的声和光則不会引起條件反射。

我們說，動物之所以能區別这些刺激物的信号意義是因爲其分析-綜合机制的發展達到足以做到这一步的足够的水平。用神經系統發展較低的動物，例如用魚來做实驗，就沒有能够發現这种現象。魚能够对由声和光組成的複雜刺激物形成條件反射。但是在個別应用声和光時，这個反射仍然保存着。魚不能區別複雜刺激物和它的組成部分。因此它的分析-綜合机制的發展程度比起高等動物來是差得多的。在研究條件抑制和解除抑制時，在研究对各种複雜刺激物的條件反射時所得到的一些類似的事实証明了这种現點，即隨着神經系統進化的程度，有机体分析綜合其周圍環境的複雜影响的特性也發達起來了。

在我們的实驗室裏進行的研究証明，客观的研究方法能够闡明高級神經活動的一般的和部分的進化規律。因此關於條件反射是動物界的一般的適应現象这一概念，得到了令人信服的实驗的証明。这种現象是人的高級神經活動(心理活動)的基本的、主要的現象。

在闡明了形成和進行條件反射的一般規律之後，И.П.巴甫洛夫形成了这個原理，“條件反射的事实是日常的和普通的事实。这顯然，正是我們所知道的在動物界中称之爲訓練、紀律、習慣的培养的那些事实。”

〔朱　靖　徐联倉　趙璧如　郭長燊　許淑蓮　匡培梓　季楚卿譯〕

---

〔上接 40 頁〕

$$L_n^2=n\sigma^2\frac{1+\cos\theta}{1-\cos\theta}\cdot\frac{(1+a)^2+b^2}{1-(a^2+b^2)} \quad (14)$$

$a$ 和 $b$ 以下式作爲定義：

$$\begin{Bmatrix} a \\ b \end{Bmatrix}=\frac{\int_{-\pi}^{\pi}e^{-V(\phi)/KT}\begin{Bmatrix}\cos\phi \\ \sin\phi\end{Bmatrix}d\phi}{\int_{-\pi}^{\pi}e^{-V(\phi)/KT}d\phi}$$

在某些簡單情况下，(14)式就化簡爲艾林、弗蘭凱爾、泰勒、凱爾伍德等人所得到的幾种公式，因此(14)式具有最一般性的意義。苏联科学家也独立地得到了这個公式，並以实驗數據証实了它。

以上是我們在分子內旋轉方面已經完成的研究工作。目前我們正在進行中的和这方面有關的科学研究工作是：由乙烷和丙烷分子入手，想解决全部飽和脂肪族碳氫化合物的內旋轉問題，並試圖計算它們的熱力学函數；在高分子化学方面，我們得到了由多种不同鏈所組成的線型高分子的末端距離的表示式，正準備計算一些实例，从而討論它們的某些性質，例如彈性、粘度、聚合等。



© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net