

运动生理科学研究的 几种实验方法

北京体育学院生理教研组 編著

人民体育出版社

目 录

前 言	(1)
高級神經活动	(2)
一、运动員神經类型的測定方法	張開礼 (2)
二、語言強化运动条件反射研究方法	吳桂中 (8)
1. 反应量的測定	(8)
2. 反应速度的測定	張開礼 (19)
运动分析器	卢鼎厚 (23)
一、肩关节分析器敏感度的測定法	(25)
二、肘关节分析器敏感度的測定法	(27)
三、腕关节分析器敏感度的測定法	(28)
四、踝关节分析器敏感度的測定法	(30)
视觉分析器	吳桂中 (33)
一、視野的測定	高 强 (38)
二、视觉深度 (立体视觉) 的測定法	(43)
三、眼肌平衡的測定法	(47)
研究前庭分析器机能的方法	卢鼎厚等 (52)
心脏血管系統	郭庆芳 (59)
一、脉搏的測法	(59)
二、血压的測法	(61)

三、血管体积描記.....	(65)
呼吸系統.....	乔居厚 (68)
一、呼吸頻率的測量.....	(68)
二、屏息的研究法.....	(69)
三、肺通气量.....	杨錫讓 (71)
四、肺活量.....	(75)
五、肺泡气的氧和二氧化碳容量的測定.....	乔居厚 (76)
肌肉力量的測定.....	周楚芬 (80)
生物化学实验指标.....	杨錫讓 (86)
一、尿糖定性实验.....	(86)
二、尿糖定量实验.....	(88)
三、尿蛋白之定性实验.....	(89)
四、尿蛋白之定量实验.....	(90)
五、汗分泌之測定 (米諾尔氏法)	(91)
六、血糖的測定 (傅氏微量法)	(92)
判断運動員身体全面发展程度的研究方法.....	尹吟青 (95)
体育課的运动量和密度測定	程國俊 (105)

前 言

为了配合我国体育事业的大跃进，体育科学研究工作正在广泛开展。交流科学研究工作中的点滴经验，是合乎目前形势需要的。

目前我国还缺乏介绍体育科学研究工作中所适用的生理实验方法的专门书籍。编写这本书的目的，是把我们在苏联专家指导下曾运用过的一些简单实验方法介绍出来，可能对初步进行体育科学研究工作的同志会有一些帮助。这些实验都是使用比较普遍的一些方法，使用的仪器设置简单，费用低廉而且容易掌握。

这本小册子主要内容是介绍实验方法，因此按实验的性质分类叙述。在每种实验方法后面，也介绍了每一种实验方法适于研究哪些问题，实验的组织和在运用每种方法时应注意的事项。这些是根据我们教研组和二十几位研究生在苏联专家指导下，进行科学研究工作总结出来的一点经验，但限于我们的水平，且这本书是在苏联专家回国后才着手编写的，因此可能有很多错误或不妥善处，希望读者随时指正。

北京体育学院生理教研组

1953年6月1日

高級神經活动

一、運動員神經类型的測定方法

張問凱

关于对運動員高級神經活动类型的測定方法，在这里我們仅介紹苏联在运动生理学和医学上曾經运用过的、我們在探討中国運動員的神經类型时比較普遍采用的——安菲莫夫矫正法。

这个方法是1917年苏联安菲莫夫(АНФИМОВ)首創的。它曾被伊万諾夫—斯莫陵斯基首先应用，莫克托娃、克列斯托甫尼科夫也都曾用此法在實驗室中进行过研究。

(一) 实验方法：

安菲莫夫矫正法是建立视觉条件反射的方法，这个方法比較简单，可以同时对20个運動員进行測驗（最好不要太多了，否則在进行外抑制后，实验者对被实验者的外表行为观察会照顾不到）。

实验用具：1. 印好的安菲莫夫矫正表格（按被实验者的人数来准备，可为每人准备二至三张。表格式样附后）。

2. 预先通知被实验者携带铅笔一支。

3. 发令枪及枪炮（或别的能引起外抑制的物件）。

4. 粉笔及黑板。

实验条件：1. 安静的教室一間。

2. 在清晨早飯后被实验者精神最好的状态下进行（切不可在失眠后的早晨或疲劳情况下进行）。

整个实验分两次进行：第一次是不带抑制的，第二次是带抑制的，各进行五分钟，中间休息五分钟。

实验步骤：

发给每人二张表格后，就进行讲解。清楚地告诉被实验者，这张表格上有 1600 个俄文字母，被实验者在听到发令“准备，开始”后，须一律从左向右，一行行地按照实验者预先在黑板上指定的字去鉴别，例如指定的字是“H”，那么凡是看见“H”就画掉（可先在黑板上举例说明）。要求又快又准确，并且每当听到发令员报“第一分钟到！”时正看到那一个字，便在这个字下面做一个记号（× 或○都可以），表示被实验者在第一分钟时已看到这里，同样，在第二、三、四、五分钟叫停时也都留一记号；此外，告诉被实验者，如果当他本人发现自己画错了，可用笔在画的字下面做个记号（如~~И~~ ~~И~~ ~~И~~），这样，在分析结果时，便可不算在错误里。

第二个带抑制的实验，方法都一样，仅是多了一个条件，即单个的“H”还是画，但如果前面多了一个 И 即不画。

例如：СХ~~И~~З~~И~~ИС 单个的 H 还是画掉；

СЕОИНКЛС~~И~~ 在 H 前面有 И 即不画；

М~~И~~СИН~~И~~Х 仅是 И 后面第一个 H 不画，其余的都画；

ИНИН 这样情况都不画。

（以上仅是举例，可由实验者自己选择任何字母进行，但必须是抑制的因素在前面）。

带抑制的实验方法也可在第一次实验结束后的 5 分钟内进行，给予外抑制——即人工造成的刺激，如突然响的锣声、枪声等，可在两个实验的第二分钟末，第三分钟开始之间进

行。

简单地总结以上实验步骤如下：

1. 讲解；

2. 开始不带抑制之实验：

发令：第一分钟“开始”

第一分钟“到”

第二分钟“到”

第五分钟“到”

（报时的音调须平和，以免造成运动员的紧张情绪）；

3. 休息五分钟（可再强调第二实验和第一实验的区别）；

4. 开始带抑制的实验（同样是报时5分钟）。

实验工作结束之后，即整理材料进行分析。

（二）材料分析

1. 由阅读字母的速度，判断神经过程的强度：

在五分钟内看过的字母达到1400个以上者算大强度；

在五分钟内看过的字母在1000—1400之间者是中等强度；

在五分钟内看过的字母在1000以下者是小强度。

2. 根据每分钟看的字母数目，画出曲线，加以分析（图1）。

从5分钟所画的数字曲线可看出神经过程的强度和均衡性，并可初步这样分析（图2）：

①如果曲线是一直上升的，可能是强——均衡——活跃型者有这种现象。

②曲线如是上升，有时又下降者，可能是强——不均衡性。

③曲线在上升以后，一直保持在平稳状态下，可能是强——均衡——安静型。

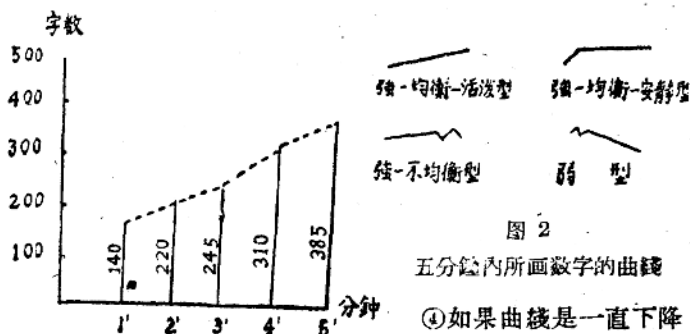


图 1 每分钟所画字母数

图 2
五分钟内所画数字的曲线

④如果曲线是一直下降的，可能是偏向于弱型。
当然以上这种分析方法还不是总的安菲莫夫方法的结论，还须根据错误的多少、错误的性质，并参照两个实验的总的情况一併分析评定。

3. 对错误之分析：

对错误的评定：

4个以下	好
4个—7个	中等
7个以上	不好

在对待错误之性质上可分以下几种：

①兴奋的连续：例如ЩГСИ②。在画了应画的“H”字后紧跟着不可抑制地又画了不该画的“H”字。

②抑制的连续：例如 СИH③УЕ。本来仅指在前面有H的H不画，而其余是应该画去的，但这里在IH之后的H也没有画。

③正诱导：例如СОHИH④。在抑制以后不该画的也

画了，如 H 与 Y 都不应画但也画掉了，这说明由于抑制加强了周围的兴奋过程。

④負誘導：例如 M H C ③ E。應該將 C 后的 H 画掉但沒画，可能是由于兴奋引起了周围的抑制。

⑤外抑制：除了以上四种情况以外，一般漏了未画的，算为外抑制的錯誤。还有如整个地漏掉一行（即40个字时），除了在計算总字数时减去40外，还算一个外抑制性质的錯誤。

4. 最后的結論：

最后可参考带抑制和不带抑制两个实验的总数，每分鐘曲綫和錯誤之多少及其性质来給被实验者的高級神經活动类型下一个初步的結論。

假如某人在不带抑制实验中总数是1600，而带抑制实验的总数是1200，其錯誤前者是4个，后是9个，其性质又是外抑制和負誘導占多数再参看其每分鐘之数字曲綫，即可給其初步下一結論：

“該同志兴奋强于抑制，不均衡，而在带抑制之实验中錯誤較多，其錯誤之性质是属于外抑制和負誘導，这是兴奋过程易扩散的现象，初步評定为强——不均衡型。”

（三）附言：

根据我自己用安菲莫夫矫正法初步得出之結果来看，其优缺点如下：

1. 方法比較简单，利于实验的进行。
2. 根据和教練員座談有72%的可靠性。
3. 很难掌握被实验者的心情，必須每一个被实验者努力去做，才能看出結果。
4. 不能仅以这一方法就确切地給被实验者下結論，必

須和訪問教練員、運動員本人及觀察其行為相結合地進行而後下結論。

神經類型總結評語表

不帶抑制的實驗 (+)	帶抑制的實驗 (-)
I. 總數.....	I. 總數.....
II. 每分鐘數之曲綫.....	II. 每分鐘數之曲綫.....
III. 錯誤之統計..... (包括錯誤之數字及性質)	III. 錯誤之統計..... (包括錯誤之數字及性質)

評語：根據該同志之興奮及抑制情況可看出其神經過程的強度、
均衡性及靈活性.....。

附矯正表

二、語言強化运动条件反射研究方法

吳柱中

原理概述:

研究人类高級神經活动的方法有几种: 克拉斯諾高尔斯基曾用建立唾液分泌的条件反射法研究兒童的高級神經活动, 別赫切列夫又曾創造建立防御性条件反射法和血管条件反射法进行研究。目前認為, 在体育运动中研究運動員的高級神經活动, 运用伊万諾夫—斯摩棱斯基的語言強化运动条件反射法較為适用, 它可以反映出在肌肉活动影响下, 一定程度的大脑皮层机能变化。

此方法的理論根据是: 語言在人类生活中, 已成为强有力的万能刺激, 用它既可以强化新条件反射的建立, 又可以建立抑制性条件反射。因为一切运动練習都可以建立运动性条件反射, 所以利用运动性条件反射法来观察运动分析器的机能变化, 是最恰当的。

根据上面所談的原理, 本实验法概括地說, 就是利用各种刺激物(灯光、声响、或皮肤机械刺激), 結合語言的指示, 形成手指的运动性条件反射, 手指运动反应的大小, 用仪器記錄下来, 当做条件反射量, 进行工作前后变化的对比, 根据巴甫洛夫所确立的高級神經活动基本原理分析所获得的材料, 从中得出結論。

1. 反应量的測定

仪器的裝置

仪器分为两大部份: (一) 刺激信号部份: 包括 1. 信

号箱。2. 操縱箱。(二) 記錄部份：包括 1. 受試者的手按器。2. 記錄器。

(一) 刺激信号部份：1. 信号箱：用木板作成一個長23公分，寬19公分和高18公分的小箱子，在木箱前面中央開一個直徑為6.2公分的小圓孔，裝上毛玻璃。箱內安裝50瓦綠色燈泡和紅色燈泡各一個。使兩燈泡的光綫，都能由小圓孔斜射出來。此外還裝有6伏特的電鈴和蜂鳴器各一個。

2. 操縱箱：為了攜帶方便，我們設計出一種手提式的操縱箱，在箱的里面，設有十進式可變電阻箱（0—11000歐姆）一個，燈光指示燈一個，電鈴和蜂鳴器指示燈各一個，總開關和各種刺激物的開關，此外並有多個電綫的香蕉插頭，以連電源（見圖一）。

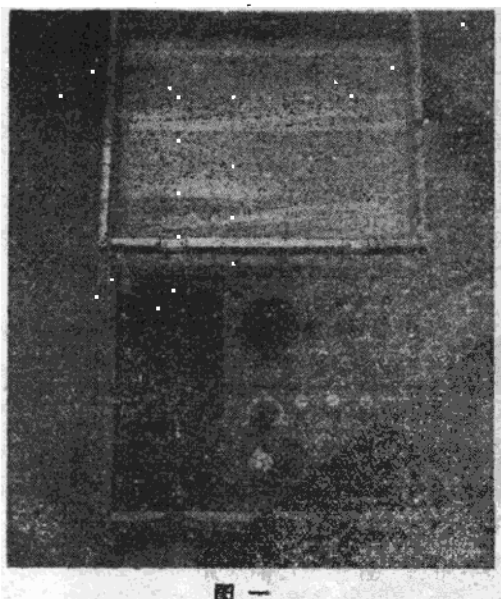


圖 一

操縱箱的綫路如图二所示：

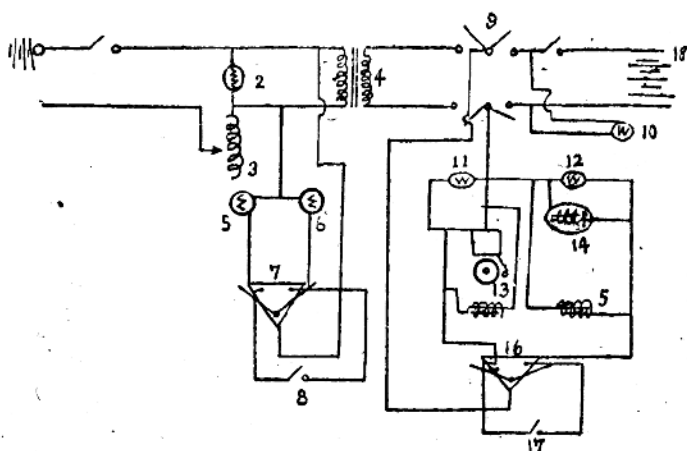


图 二

1. 外部电源 (220V) 的插銷；2. 灯光指示灯；3. 可变电阻箱；
4. 电鈴变压器 (6V)；5. 紅色灯光信号灯；6. 綠色灯光信号灯；
7. 分电器；8. 灯光复合刺激开关；9. 開式开关；10. 总指示灯；
11. 电鈴指示灯；12. 蜂鳴器指示灯；13. 电鈴 (6V)；14. 蜂鳴器 (6V)；15. 电磁标；16. 分电器；17. 声音复合刺激开关。
18. 蓄電池 (6-8V)。

按这样的綫路，就可以通过可变电阻箱来改变电流的强度。把电阻箱的轉动柄轉到不同的欧姆的电阻上，就可以調节信号灯光的明亮度，得出各种不同强度的灯光刺激，并且在紅色和綠色信号灯分电器上（电綫的接头处），用一根电綫連到一个开关上，这样只要打开开关，电流就同时通到两个灯泡上，即可使紅色和綠色的灯光同时点亮，根据同样道理，可以使电鈴和蜂鳴器同时发声。

电鈴和蜂鳴器用的电源是6—8伏特，为此要用蓄電池的电源。若用220V的电源时，需加上一个电鈴变压器。

实验的时候，打开不同的开关，就可以出现各种不同的刺激物（不同明亮度的紅光、綠光、电鈴声、蜂鳴器声和复合刺激物）。

（二）记录部份：

1. 手按器：在一橡皮扁形球，外以鉄罩复盖，鉄罩正中开一指头大的圓孔，鉄罩底部固定在小型沙发椅的扶手上，受試者将手指放在小圓孔內，向下按就可以压迫扁形球。

（2）记录器的构造：作一长方形的小木箱（长27公分，高19.5公分，宽10.4公分）。

另将一小木块固定在木箱的底部，木块的正中挖一槽，蛇形管就放在木块的槽上，木块前端用鉄片安装一个支架，支架的上面放一鋁质杠杆（长19公分），用小鉄軸支撑住，小鉄軸要稍为弯一点，以增加杠杆的阻力，杠杆后面加上一个可轉动的小法碼，以維持杠杆两端的重量平衡，杠杆弯曲部份的末梢鑲一小鋼珠，和蛇形管上面的鋼片相接触。杠杆的另一端，插上一“T”字形的小套管作为指針。

用鋁片制成一微微弯曲的薄片固定在木箱的另一端，片上貼着划有刻度的紙。刻度的单位是厘米，杠杆的指針，就在刻度片的旁边上下摆动（如图三）。

把扁形球的出口管用橡皮管連到记录器的蛇形管上时，就形成一个密闭的气导体系。当受試者用手指压扁形球时，扁形球的空气被压，流向蛇形管这一面，蛇形管就向上凸起，并推动杠杆，杠杆的另一端就向下摆动，扁形球所受的壓力越大，蛇形管的凸出面就越高，这样，杠杆向下移动的

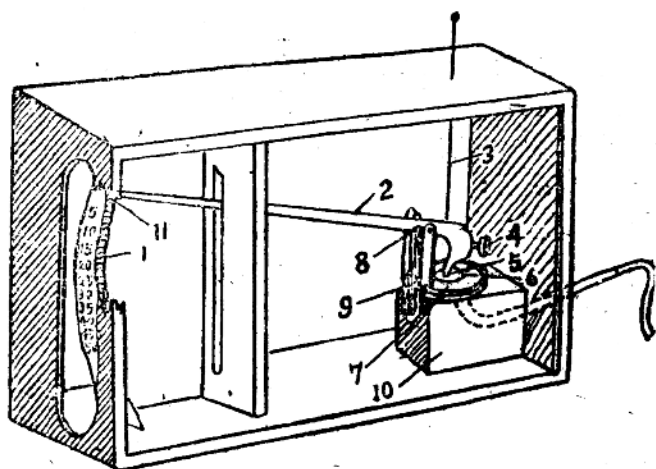


图 三

1. 刻度片；2. 杠杆；3. 一根钢丝；4. 可转动的法码；5. 小钢珠；6. 铜片；7. 蛇形管；8. 支持杠杆的铁轴；9. 支架；10. 木块；11. 杠杆尖端的“T”字接管。

振幅就越大，我们从刻度片上就可以看出振幅的相对距离，作为反射量，杠杆每一次向下移动后，把钢丝（3）向下压，就可以使杠杆回复原状。

因为采用杠杆原理的装置，所以感受压力变化的灵敏度就提高，手指头微弱的运动都可以记录出来。此记录方法节省时间，我们感到在运动时作实验利用此仪器是很方便的，假使实验者要有客观的记录曲线，就可以在胶管上连一根三通玻璃管，玻璃管一端连到蛇形管上，另一端联到马喇氏气鼓上，就可以同时在配纹鼓上描出曲线。

实验的步骤

实验前，实验者要熟练的掌握仪器的用法，和拟定出研究的方案，根据观察的目的，应拟定出不同的刺激物顺序，一般在一系列刺激物中包括弱光，强光（阳性刺激），和另一种弱光（阴性刺激）也可以加进铃声和蜂鸣器的声音作为阳性或阴性刺激。

当受试者没有到来之前，应把全部仪器检查一下，若没有毛病，就请受试者到实验室内，先让他休息一下，习惯实验室的环境，使其心情平静些，然后告诉他，实验的进行不会对身体有不良的影响，可以像平时一样，打消他不愿意进行实验的种种顾虑，我们认为，实验前取得受试者的积极支持，消除一切顾虑，认真的合作，对研究结果的准确性是很重要的。

开始时让受试者坐在沙发椅上，手臂放在椅的扶手上，食指压在手按器的小孔上面，然后告诉他，眼睛注意前面的木箱，不要想自己的心事，有时，受试者往往会发问：“我应如何做”。可以回答：“等一下你就知道了”。不要告诉受试者实验的目的，也不能这样告诉：“我叫你作什么就作什么”。由我们的经验得出，这样说后条件反射不能形成，因为受试者很守纪律，你不叫他动，他就不动，这可能是第二信号系统的抑制作用所致。因此实验前不要给过多的指示。

此时实验者坐在操纵箱前面，把总开关打开，接通外部电源，并发出预备的口令，一般的预令是：“请注意前面的木箱”，说完这句话以后2—3秒钟，就发出预定的条件刺激信号（如用灯光作刺激信号就开灯光的开关，假使用不同强度的光，就转动变阻箱进行调节，如此类推）。每次刺激的

作用時間應持續2—3秒，在信號作用的第一秒終了或第二秒開始時，實驗者就發出口令：“按一下”和信號相結合，這樣在一秒時間內，刺激信號和命令同時出現。受試者聽到這個命令後手指就會按壓扁形球，記錄器的指針向下移動，移動的刻度，就把它當做“基礎反射量”。當受試者按壓以後，可以說一聲：“對了”。來強化他的運動反應。每給予一次刺激以後間隔10—40秒鐘，又給予第二次刺激，重復同樣的口令，記住每次刺激的時間間隔不要相同，不然，受試者就會對間隔的時間形成條件反射。大約這樣結合2—7次左右，就可以試一下，給了刺激以後，不立刻說“按一下”的口令，若受試者接受刺激，不等口令而自動的發生按壓反應時，那就形成條件反射了，這時可說一聲：“對了”來強化，假使受試者還不按壓，就重新實驗下去，直到形成條件反射時為止。

根據我們的經驗，最快的約結合3—5次就可以形成，慢的結合5—10次也可以形成，但必須說明，有些受試者很難形成條件反射，我們可以採取下列的一些措施，來加速其形成。

（一）給予刺激以後，立即（在第一秒內），發出“按一下”的口令。

（二）把口令叫的洪亮些，清楚些。

（三）把各次刺激之間的間隔縮短到3—5秒鐘，這樣，常常可以加速條件反射的形成。

（四）中斷實驗10—20分鐘，讓受試者休息一下。

假如使用這些措施還無效時，就只有停止實驗，一般認為，不能形成條件反射的人是猜到了實驗的企圖，產生：

“我偏不按”的想法，這點在成人身上特別明顯，尤其是學