[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
A61H 5/00 (2006.01)
A61B 3/024 (2006.01)

[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680030546.5

[43] 公开日 2008 年 8 月 13 日

[11] 公开号 CN 101242798A

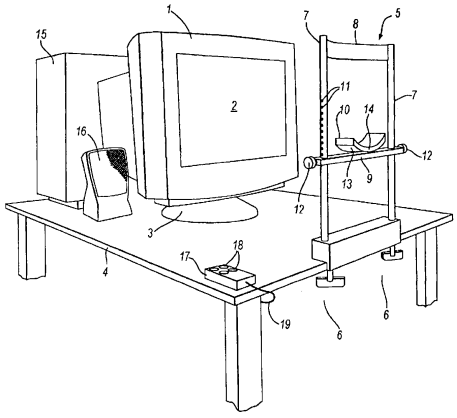
[22] 申请日 2006.6.30
[21] 申请号 200680030546.5
[30] 优先权
[32] 2005. 6.30 [33] GB [31] 0513603.1
[86] 国际申请 PCT/GB2006/002422 2006.6.30
[87] 国际公布 WO2007/003902 英 2007.1.11
[85] 进入国家阶段日期 2008.2.21
[71] 申请人 阿伯丁大学
地址 英国阿伯丁
[72] 发明人 阿拉什·萨赫拉尔
[74] 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司
代理人 孙海龙
权利要求书 5 页 说明书 20 页 附图 12 页

[54] 发明名称

视觉锻炼装置

[57] 摘要

一种视觉锻炼装置包括：可视显示装置(1)；定位装置(5)，该定位装置用于将用户的头部定位在一位置处，以在所述可视显示装置(1)与该用户的视场之间的大致已知关系；显示位置控制装置，该显示位置控制装置用于致动所述可视显示装置(1)，以在已知显示位置处显示预定图案，该显示位置对应于所述用户的视场的特定观看区域；能够提供用户响应的用户致动响应装置(17)；再控制装置，该再控制装置用于控制所述显示位置控制装置，以按已知显示条件重复显示所述预定图案；以及核对用户响应并且评估针对所述显示位置的所述用户响应的统计学意义的装置。 由此，可以在用户的需要训练的视场中显示预定图案。



1、一种视觉锻炼装置，该视觉锻炼装置包括：

可视显示装置；

定位装置，该定位装置用于将用户的头部定位在一位置处，以在所述可视显示装置与该用户的视场之间提供大致已知的关系；

显示位置控制装置，该显示位置控制装置用于致动所述可视显示装置，以在已知显示位置处显示预定图案，该显示位置与定位在所述定位装置中的所述用户的视场的特定观看区域对应；

用户致动响应装置，该用户致动响应装置可由用户致动，从而所述用户在使用所述视觉锻炼装置期间认为已经观看到了所述预定图案时能够提供用户响应；

再控制装置，该再控制装置用于控制所述显示位置控制装置，以在所述已知显示位置处重复显示所述预定图案；以及

核对和评估装置，该核对和评估装置用于针对当前用户核对对在所述已知显示位置处显示的所述预定图案的用户响应，并且用于评估针对所述显示位置的所述用户响应的统计学意义。

2、根据权利要求 1 所述的视觉锻炼装置，其中，所述再控制装置控制所述显示位置控制装置，以在根据当前用户的特定显示位置处进行显示。

3、根据权利要求 1 或 2 所述的视觉锻炼装置，其中，所述再控制装置控制所述显示位置控制装置，以在单次使用所述视觉锻炼装置期间，在一已知显示位置处显示所述预定图案达预定次数。

4、根据任一前述权利要求所述的视觉锻炼装置，其中，所述再控制装置控制所述显示位置控制装置，以在单次使用所述视觉锻炼装置期间在特定数量的已知显示位置处显示所述预定图案。

5、根据任一前述权利要求所述的视觉锻炼装置，其中，所述再控制装置控制所述显示位置控制装置，以针对所述视觉锻炼装置的新用户按最大对比度显示所述预定图案。

6、根据权利要求 5 所述的视觉锻炼装置，其中，所述再控制装置控制所述显示位置控制装置，以在所述用户响应的统计学意义大于预定水平时，降低所述预定图案的所述对比度，而在所述用户响应的统计学意义小于预定水平时，增加所述预定图案的所述对比度。

7、根据权利要求 6 所述的视觉锻炼装置，其中，所述再控制装置控制所述显示位置控制装置，以比所述显示位置控制装置增加所述对比度的量更大的量来降低所述预定图案的所述对比度。

8、根据权利要求 6 所述的视觉锻炼装置，其中，所述再控制装置控制所述显示位置控制装置，以与所述显示位置控制装置增加所述对比度的量的相等的量来降低所述预定图案的所述对比度。

9、根据任一前述权利要求所述的视觉锻炼装置，所述视觉锻炼装置还包括用于当可能显示所述预定图案时向所述用户提供指示的装置。

10、根据权利要求 9 所述的视觉锻炼装置，其中，所述用于当可能显示所述预定图案时向所述用户提供指示的装置包括音频信号和用于按针对所述显示的预定定时关系向所述用户呈现所述音频信号的装置。

11、根据任一前述权利要求所述的视觉锻炼装置，其中，所述预定图案为包括多个周期的交替的亮线性特征和暗线性特征的光栅的形式。

12、根据权利要求 11 所述的视觉锻炼装置，其中，所述交替的亮线性特征和暗线性特征的周期数大致在每视场角度 0.01 到 10.0 的范围中。

13、根据权利要求 12 所述的视觉锻炼装置，其中，所述交替的亮线性特征和暗线性特征的周期数大致在每视场角度 0.5 到 7.0 的范围中。

14、根据权利要求 13 所述的视觉锻炼装置，其中，所述交替的亮线性特征和暗线性特征的周期数大致为视场内每角度 1.0。

15、根据权利要求 1 到 10 中的任一项所述的视觉锻炼装置，其中，所述预定图案具有点和/或格子形状。

16、根据任一前述权利要求所述的视觉锻炼装置，其中，所述预定图案被包含在大致圆形边界内。

17、根据权利要求 1 到 15 中的任一项所述的视觉锻炼装置，其中，所述预定图案被包含在大致方形边界内。

18、根据权利要求 16 或 17 所述的视觉锻炼装置，其中，所述边界的直径或边与所述用户的视场中的大致在 1 度到 30 度的范围中的角相对向。

19、根据权利要求 20 所述的视觉锻炼装置，其中，所述边界的直径或边与所述用户的视场中的大致在 2 度到 12 度的范围中的角相对向。

20、根据权利要求 21 所述的视觉锻炼装置，其中，所述边界的直径或边与所述用户的视场中的大致 6 度的角相对向。

21、根据任一前述权利要求所述的视觉锻炼装置，其中，所述预定图案是静态的。

22、根据权利要求 1 到 18 中的任一项所述的视觉锻炼装置，其中，所述预定图案是动态的。

23、根据权利要求 22 所述的视觉锻炼装置，其中，所述再控制装置控制所述显示位置控制装置，以大致在 1 Hz 到 30 Hz 的范围中的时间频率显示所述预定图案。

24、根据权利要求 23 所述的视觉锻炼装置，其中，所述再控制装置控制所述显示位置控制装置，以大致 10 Hz 的频率显示所述预定图案。

25、根据权利要求 23 或 24 所述的视觉锻炼装置，其中，所述时间频率通过闪烁所述预定图案来实现。

26、根据权利要求 23 或 24 所述的视觉锻炼装置，其中，所述时间频率通过正反定相所述预定图案来实现。

27、根据权利要求 23 或 24 所述的视觉锻炼装置，其中，所述时间频率通过使所述预定图案漂移过显示屏来实现。

28、根据权利要求 22 所述的视觉锻炼装置，其中，所述预定图案在所述显示屏上旋转。

29、根据任一前述权利要求所述的视觉锻炼装置，所述视觉锻炼装置还包括吸引装置，该吸引装置用于将所述用户的凝视吸引至预选位置，以帮助提供所述可视显示装置与所述用户的视场之间的大致已知关系。

30、根据任一前述权利要求所述的视觉锻炼装置，其中，所述用户致动响应装置包括触觉电子装置，该触觉电子装置的条件可以响应于观

察者对所述刺激的感觉通过触摸或动作来改变。

31、根据权利要求 1 到 25 中的任一项所述的视觉锻炼装置，其中，以话音对所述用户致动装置进行操作。

32、根据任一前述权利要求所述的视觉锻炼装置，其中，所述可视显示装置包括计算机屏或投影仪。

33、根据任一前述权利要求所述的视觉锻炼装置，其中，所述定位装置包括可调下颚托架。

34、根据任一前述权利要求所述的视觉锻炼装置，所述视觉锻炼装置还包括存储器装置，该存储器装置用于存储一个或更多个用户简档，并且其中，在所述存储器装置中存储有所述用户视场中的有缺陷区域；

其中，所述再控制装置根据所述简档选择所述已知显示位置，并且在所述存储器装置中存储针对在所述已知显示位置处显示的所述预定图案的所述用户响应。

35、根据权利要求 34 所述的视觉锻炼装置，其中，所述再控制装置选择所述已知显示位置，以对应于所述用户已经被限制或没有视觉的该用户的视场的观看区域。

36、一种包含有程序代码的计算机可读介质，该程序代码用于与定位装置一起将计算机和可视显示装置设置为视觉锻炼装置，该定位装置将用户的头部定位在一位置处，以在所述可视显示装置与该用户的视场之间提供大致已知关系，所述计算机可读介质包括：

第一程序代码，该第一程序代码用于致动所述可视显示装置，以在已知显示位置处显示预定图案，该显示位置与定位在所述定位装置中的所述用户的视场的特定观看区域对应；

第二程序代码，该第二程序代码用于确定所述用户在使用所述视觉锻炼装置期间认为已经观看到了所述预定图案时的用户响应；

第三程序代码，该第三程序代码用于控制所述显示位置控制装置，以使在所述已知显示位置处重复显示所述预定图案；以及

第四程序代码，该第四程序代码用于核对针对在所述已知显示位置处显示的所述预定图案的所述用户响应，并且用于评估针对所述显示位

置的所述用户响应的统计学意义。

37、一种基本如以上参照附图所述的视觉锻炼装置。

38、一种包括有程序代码的计算机可读介质，该程序代码用于与定位装置一起将计算机和可视显示装置设置为基本如以前参照附图所述的视觉锻炼装置，该定位装置将用户的头部定位在一位置处，以在所述可视显示装置与该用户的视场之间提供大致已知的关系。

视觉锻炼装置

技术领域

本发明涉及视觉锻炼装置。

背景技术

皮质盲是由于撞击性或外伤性大脑损伤而丧失或破坏了大脑皮层的负责视觉的部分（已知为视觉皮质）造成的。

和其它形式的视觉损伤不同，这种情况不是由于眼睛本身的任何缺陷造成的。而且，在许多情况下，对视觉皮质的伤害仅影响一个大脑半球，因而并未造成全盲。代之的是，皮质盲的患者可能在它们的视场（field of view）中具有被称为“盲域”的视域缺陷，这些视域（visual field）缺陷原本应该是视觉正常的。即，在这种视域缺陷内，仍可以展示一些特定残留的可视能力。这些能力被称为“盲视”。关于这一点，已经报导了某些情况下在视域缺陷内的诸如取向、颜色、动作、幻像轮廓（illusory contour）、表情以及受限语义处理的刺激属性。

在导致视觉皮质的伤害或丧失的事故之后的头几个月内，通常存在限制恢复期（称为“自然恢复”），之后，视域缺陷的大小和位置就稳定了。通常假定在这个时段之后，剩余视域缺陷是永久性稳定的。然而，一些证据表明，如果在之后的时段在视域缺陷的边界内进行重复刺激，则可以改进其边界处的视域缺陷的感受性。例如，在一些测试中，在重复练习之后，病人已经表现出在视域缺陷的边界处检测较小明亮目标（light target）方面的提高。然而，伴随这类测试的问题在于，这些测量对于小的凝视偏移（gaze shift）是敏感的，小的凝视漂移会影响视域结果的准确度。在任何情况下，假定感受性的这些提高是由对视域缺陷的边界处的残存神经元的刺激而获得的。因此，这种视觉刺激训练必需精确地适于特定用户的需求，以使特定地把他们的视域缺陷的边界区域作为

目标。因而，这需要开业医生的严密监视。很明显，这在许多情况下是不切实际的，尤其是因为仅当定期（优选地为每天）进行锻炼时才有效。

发明内容

本发明的一个目的是解决或至少减轻这些问题。

根据本发明的一个方面，提供了一种视觉锻炼装置，该视觉锻炼装置包括：

可视显示装置；

定位装置，该定位装置用于将用户的头部定位在一位置处，以在所述可视显示装置与该用户的视场之间提供大致已知关系；

显示位置控制装置，该显示位置控制装置用于致动所述可视显示装置，以在已知显示位置处显示预定图案，该显示位置与定位在所述定位装置中的所述用户的视场的特定观看区域对应；

用户致动响应装置，该用户致动响应装置可由用户致动，从而所述用户在使用所述视觉锻炼装置期间认为已经观看到所述预定图案时能够提供用户响应；

再控制装置，该再控制装置用于控制所述显示位置控制装置，以在所述已知显示位置处重复显示所述预定图案；以及

核对和评估装置，该核对和评估装置用于针对当前用户核对对在所述已知显示位置处显示的所述预定图案的用户响应，并且用于评估针对所述显示位置的所述用户响应的统计学意义。

由于所述定位装置和所述可视显示装置的对准，因而，对于要在与需要训练（例如，用户的具有皮质盲的盲域）的用户的视场中的观看区域对应的位置处显示的所述预定图案来说是简单明了的。在所述预定显示位置处重复显示所述预定图案来训练用户的在该观看区域中的视觉。随着时间的过去，这种训练可增强用户的检测所述预定图案的能力。而且，通过采用图案并且在特定观看区域上刺激用户的视觉，甚至可以大幅度地改善用户的视域缺陷内的感受性。而且，通过核对用户对显示的所述预定图案的响应，所述视力训练装置能够提供对用户在检测指定显

示位置处的所述预定图案方面的成功程度的指示，以使可以监测他们随时间的进步。

优选的是，所述再控制装置控制所述显示位置控制装置，以根据当前用户在特定显示位置处进行显示。

这样，所述装置可以适应需要训练他们的视场的不同区域的不同用户，从而不需要将时间浪费在他们的视场的不需要训练的区域上。

优选的是，所述再控制装置控制所述显示位置控制装置，以在单次使用所述装置期间，在一已知显示位置处显示所述预定图案达特定次数。

在已知显示位置处显示所述预定图案的次数应当被选定，以实现诸如训练的最佳持续时间与评估所述用户响应的可靠性的因素之间的平衡。

优选的是，所述再控制装置控制所述显示位置控制装置，以在单次使用所述视觉锻炼装置期间在特定数量的已知显示位置处显示所述预定图案。

这样，可以训练所述用户的视场中的不同区域。

优选的是，所述再控制装置控制所述显示位置控制装置，以针对所述视觉锻炼装置的新用户按最大对比度显示所述预定图案。

所述预定图案的对比度越高，检测起来越容易。由此，所述视觉锻炼装置针对该装置的新用户按其最容易程度设置。

优选的是，所述再控制装置控制所述显示位置控制装置，以在所述用户响应的统计学意义大于预定水平时，降低所述预定图案的所述对比度，而在所述用户的响应的统计学意义小于预定水平时，增加所述预定图案的所述对比度。

这样，所述视觉锻炼装置被设置成，随着所述用户的检测所述预定图案的能力的改进，而进行逐渐更难的训练，由此，易于进一步改进。

优选的是，所述再控制装置控制所述显示位置控制装置，以按比所述显示位置控制装置增加所述对比度的量更大的量来降低所述预定图案的所述对比度。

另选的是，所述再控制装置可以控制所述显示位置控制装置，以按

与所述显示位置控制装置增加所述对比度的量相等的量来降低所述预定图案的所述对比度。

在一优选实施方式中，所述视觉锻炼装置还包括用于当可能显示所述预定图案时向所述用户提供指示的装置。

所述用于当可能显示所述预定图案时便利地向所述用户提供指示的装置包括音频信号和用于按针对所述显示的预定定时关系向所述用户呈现所述音频信号的装置。

因而，使得所述用户可以意识到他们何时可以期望所述预定图案将要被显示。

优选的是，所述预定图案为具有包括多个周期的交替的亮线性特征和暗线性特征的光栅的形式。

另选的是，可以使用具有点和/或格子形状的预定图案。

对于光栅图案来说，优选的是，所述交替的亮线性特征和暗线性特征的周期数大致在每视场角度 0.01 到 10.0 的范围中。

更优选的是，所述交替的亮线性特征和暗线性特征的周期数大致在每视场角度 0.5 到 7.0 的范围中。

实验数据已经表明，与具有这个范围之外的空间频率的光栅图案相比，具有这个范围之内的空间频率的光栅图案更好被用户检测到。

更优选的是，所述交替的亮线性特征和暗线性特征的周期数大致为视场内每角度 1.0。

所述预定图案可以被便利地包含在大致圆形边界内。

另选的是，所述预定图案可以被包含在大致方形边界内。

优选的是，所述边界的直径或边与所述用户的视场中的大致在 1 度到 30 度的范围中的角相对向（subtend）。

更优选的是，所述边界的直径或边与所述用户的视场中的大致在 2 度到 12 度的范围中的角相对向。

更优选的是，所述边界的直径或边与所述用户的视场中的大致 6 度的角相对向。

这种大小允许 Humphrey 的视域分析器程序 30-2 基于当前可接受的

测量的视域缺陷来对效果进行评估。

所述预定图案可以是静态或动态的。

优选的是，所述再控制装置控制所述显示位置控制装置，以大致在1 Hz 到 30 Hz 的范围的时间频率显示所述预定图案。

这使得能够提高用户对预定图案的检测，因为随时间改变的视觉刺激可比静态刺激更好地激活盲域。

更优选的是，所述再控制装置控制所述显示位置控制装置，以按大致 10 Hz 的频率显示所述预定图案。

所述时间频率可以通过闪烁或正反定相（counterphasing）所述预定图案、或者通过使所述预定图案漂移过显示屏来实现。

另选的是，所述预定图案可以在显示屏上旋转。

在优选实施方式中，所述视觉锻炼装置还包括吸引装置，该吸引装置用于将所述用户的凝视吸引至预选位置，以帮助在所述可视显示装置与所述用户的视场之间提供大致已知关系。

该吸引装置操作以沿用于检测所述预定图案的显示的恰当方向来稳定所述用户的凝视。

所述用户致动响应装置可以便利地包括触觉电子装置，该触觉电子装置的条件可以响应于观察者对所述刺激的感觉通过触摸或动作来改变。

另选的是，可以用话音对所述用户致动装置进行操作。

所述可视显示装置可以常规地包括计算机屏或投影仪。

所述定位装置可以便利地包括可调下颚托架。

在优选实施方式中，所述视觉锻炼装置还包括存储器装置，该存储器装置用于存储一个或更多个用户简档，并且其中，在所述存储器装置中存储有所述用户视场中的有缺陷区域；

其中，所述再控制装置根据所述简档选择所述已知显示位置，并且在所述存储器装置中存储针对在所述已知显示位置处显示的所述预定图案的所述用户响应。

在这种情况下，所述再控制装置可以选择所述已知显示位置，以对

应于所述用户的已经被限制或没有视觉的所述视场的观看区域。

根据本发明的另一方面，提供了一种包含有程序代码的计算机可读介质，该程序代码用于与定位装置一起将计算机和可视显示装置设置为视觉锻炼装置，该定位装置将用户的头部定位在一位置处，以在所述可视显示装置与该用户的视场之间提供大致已知关系，所述计算机可读介质包括：

第一程序代码，该第一程序代码用于致动所述可视显示装置，以在已知显示位置处显示预定图案，该显示位置与定位在所述定位装置中的所述用户的视场的特定观看区域对应；

第二程序代码，该第二程序代码用于确定所述用户在使用所述视觉锻炼装置期间认为已经观看到了所述预定图案时的用户响应；

第三程序代码，该第三程序代码用于控制所述显示位置控制装置，以使在所述已知显示位置处重复显示所述预定图案；以及

第四程序代码，该第四程序代码用于核对针对在所述已知显示位置处显示的所述预定图案的所述用户响应，并且用于评估针对所述显示位置的所述用户响应的统计学意义。

附图说明

下面，参照附图，对本发明的实施例进行说明，其中：

图 1 示出了具体实施本发明的视觉锻炼装置；

图 2a 和 2b 示出了供作为视觉刺激的预定图案使用的合适光栅图案的可选示例；

图 3 是光栅图案的空间频率与具有皮质盲的受试者的可见视场与盲视场中的对比度感受性相对照的图；

图 4 是针对多个受试者的闪烁视觉刺激的时间频率与百分比检测相对照的图；

图 5 是针对多个受试者的对向预定图案的边界的直径的角与百分比检测的相对照的图；

图 6a、6b 以及 6c 是例示本发明一实施方式的操作的流程图；以及

图 7a、7b 以及 7c 是示出了用户响应数据的示例集的图形；

图 8a 和 8b 是示出了在完成训练计划之前和之后在病人组中按各种空间频率检测高对比度光栅的实验示例的结果的图形；

图 9a 和 9b 是示出了在完成训练计划之前和之后针对呈现至控制位置的视觉刺激按各种空间频率检测高对比度光栅的实验示例的结果的图形；

图 10a 和 10b 是示出在完成训练计划之前和之后在病人组中按对比度范围检测 1 周期/° Gabor 斑点（Gabor patch）的实验示例的结果的图形；

图 11 示出了在完成训练计划之后在病人组中视域感受性以中心 10 度和 30 度变化的实验示例的结果；

图 12 示出了在完成训练计划之后在一组病人的视域缺陷的主观感觉上的变化的实验示例的结果。

具体实施方式

图 1 示出了具体实施本发明的视觉锻炼装置。具有屏幕 2 的监视器 1 被安装在台架 3 上，并且定位在以合适的高度支承监视器的平台 4 上。在本实施方式中，使用阴极射线管（CRT）监视器。然而，另选的可视显示装置一样适用，例如，平板 LCD 或等离子屏、或前置/后置投影系统。监视器的重量会使其不容易相对于平台移动。然而，台架例如可以通过螺丝钉接合至平台上，以确保监视器不能相对于平台移动。而且，监视器相对于台架的角可以固定，以防止屏幕位置的变化。

通过一对夹具 6 将头部定位装置 5 夹紧至平台 4 的预定位置，头部定位装置 5 用于相对屏幕 2 定位用户的头部。头部定位装置包括一对柱状部 7，该柱状部 7 从平台起垂直向上延伸至与监视器 1 的顶部近似水平的高度。柱状部被分离这样的宽度，该宽度足以使用户的头部舒适地处于其间。

前额托架 8 由矩形金属或塑料带状板形成，该前额托架在柱状部 7 的顶部、在柱状部 7 之间大致水平延伸，并且朝向柱状部之间的屏幕 2 弯曲，以容纳面对屏幕的用户的前额。

确定前额托架的形状和位置，以当用户的前额靠着所述带状板定位时，他们的视场被近似定位为其与屏幕 2 关系大致已知。

对下颚托架 10 进行支承的杆部 9 在前额托架 8 的下面、在柱状部 7 之间大致水平地延伸。杆部 9 通过朝向该杆各端部形成的柱状孔（柱状部从该柱状孔穿过）与柱状部滑动地接合，使柱状部的高度可调节，并由此可以调节下颚托架 10 的高度。与柱状部中的对应凹槽 11 啮合的一对螺丝钉被设置成用于将柱状部固定在各种高度处的位置中。将通过旋钮 12 转动的螺丝钉插入螺丝孔（该螺丝孔沿杆部纵向延伸通过杆部）中，以将柱状孔连接至杆部的相邻端部。通过转动旋钮，使螺丝钉从柱状孔伸缩，以使与凹槽啮合或脱离。当螺丝钉从柱状孔缩回时，杆部 9 可自由地沿柱状部 7 上下滑动，使得杆部可以针对特定用户在恰当高度对准柱状部上的凹槽 11。接着，可以转动旋钮 12，以使螺丝钉伸进到柱状孔中，并且与凹槽啮合，以将杆部保持在适当位置中。

下颚托架 10 被定位在杆部 9 上的中央，并且包括两端向上弯曲的金属或塑料带状板 13。该带状板装衬有由泡沫材料 14 制成的一个或更多个舒适用层。

由此，下颚托架 10 的高度可以根据用户的头部的大小进行调节，使得从下面舒适地支承他们的头部，同时使他们的前额靠近前额托架 8。

通过调节下颚托架的高度，可以更精确地定位用户的视场，使其与屏幕 2 的关系大致已知。

对于本领域技术人员来说，可以简单地实现其他形式的头部定位装置。例如，在本实施方式中，下颚托架是可调节的，而前额托架是固定的。然而，可以固定下颚托架，而前额托架可调节，或者两者都可以是可调节的。

向用户提供椅子（未示出），以使用户可以坐着使用本装置。椅子的高度可针对不同用户调节，由此，用户能够舒适地坐下，同时他们的头部维持在头部定位装置所需的位置中。

将中央处理单元（CPU）设置在机壳 15 中并且远程地或经由电缆连接至监视器 1。存储在 CPU 中的计算机程序代码使 CPU 充任用于在屏幕

2 上显示视觉刺激和用于收集并核对用户对视觉刺激的响应的控制装置。

当被激活时，CPU 在屏幕 2 上的一个或更多个已知显示位置中重复地显示具有预定图案的视觉刺激。如上所述，当用户的头部被头部定位装置 5 定位时，该用户的视场被定位得其与屏幕的关系大致已知。由此，该已知显示位置对应于用户的视场的大致已知观看区域。

扬声器 16 通过电缆（未示出）连接至 CPU。CPU 使扬声器向用户呈现与视觉刺激的重复显示相协调的预定次数的音频信号，以便向用户指示他们可以期望观看该视觉刺激的时间间隔。

采用包括多个按钮 18 的响应盒 17 的形式的用户致动响应装置也通过电缆 19 连接至 CPU。用户在他们认为已经观看到了视觉刺激时通过按压一个或更多个按钮 18 来进行指示。当用户按压其中一个按钮时，经由电缆 19 向用户发送信号，CPU 将响应数据存储在诸如磁盘的存储器装置上的数据库中。

在本实施方式中，尽管用户致动响应装置是包括多个按钮的响应盒，但是可以另外或另选地使用其它响应装置，例如，PC 鼠标器、触敏屏、或语音编码器。

利用这种系统，通过在屏幕 2 的恰当位置重复显示视觉刺激，来训练用户的在他们的视场的一个或更多个预选区域中的视觉。随着时间的过去，这种训练会提高用户对视觉刺激的检测能力。将 CPU 设置成，通过针对各用户核对响应数据，并且针对各显示位置评估用户响应的统计学意义，以便确定用户在该位置处检测视觉刺激时的成功程度，从而监测这种提高。还将 CPU 设置成针对每一个显示位置调节视觉刺激的对比度，以便更容易或更难检测视觉刺激，这种调节是基于用户的先前针对该位置的成功程度的。视觉刺激的对比度是图案的最亮区域与最暗区域之间的强度差与最亮区域与最暗区域的强度和之比。在本实施方式中，本装置的新用户以设置成最大的这种对比度开始。另选的是，可以通过操作员设置而被设置成适于特定用户的较低对比度。如果他们可以在预定数量的连续对话（session）期间可靠地检测到最大对比度下的视觉刺激，则利用本装置将针对他们的下一个训练期的对比度降低。结果，如

果在较低对比度上的表现较差，则增加对比度。另一方面，如果表现逐渐地改进并且变得可靠地更好，则将对比度进一步降低。这样，本系统能够确定针对特定用户的难度的最佳水平，并且能够随着用户表现的改进使得用于检测的视觉刺激渐进地更难，以便促进进一步改进。

已经发现针对视觉刺激的最有效图案是光栅图案，但还可以使用点或格子图案等。图 2a 和图 2b 中示出了合适的光栅图案的示例。图 2a 和图 2b 的光栅图案被包含在大致圆形边界内，但该图案可以被等同地包含在大致方形或矩形边界、或任何其它几何形状的边界内。

边界可以如图 2a 锐利地限定，或者可以如图 2b 变平滑。

光栅图案可以按对于本领域技术人员来说实现起来简单明了的方式光学地生成（即，利用包括幻灯片的光学装置或投影系统）。另选的是，光栅图案可以在计算机上以绘图方式生成，例如，基于屏幕像素的映射生成。

与盲域中的对比度感受性的测量有关的实验数据已经表明，空间频率范围在每度 0.5 到 7.0 周期中（即，每视角度交替的亮线性特征和暗线性特征的周期数）的光栅图案比其它频率更好地被用户检测到。如可以从图 3 看出的，最佳结果在大约每度 1.0 周期处获得。此外，已经表明，随时间改变的视觉刺激（动态刺激）可比静态刺激更好地激活盲域。由此，优选的是对刺激进行闪烁。闪烁率（时间频率）优选地应当在 1 Hz - 30 Hz 的范围中，并且最佳结果在 5 Hz 到 20 Hz 处获得，如图可以从图 4 看出。类似的是，时间频率可以通过正反定相（counterphasing）（即，暗区域改变成亮区域，而亮区域改变成暗区域）来实现。

另选的是，针对具有诸如光栅图案（其具有大致一致的空间频率）的预定图案的视觉刺激来说，可以通过使预定图案沿恰当方向并且按特定速度漂移过显示屏来实现时间频率。对于由亮线单元和暗线单元形成的光栅图案来说，恰当的方向将正交于这些线单元的取向。接着，通过以循环每度表示的空间频率乘以度每秒表示的漂移速度来给出以赫兹表示的时间频率。

随时间改变的视觉刺激还可以通过在显示屏上旋转预定图案来实

现。

图案的边界的直径（对于被包含在圆形边界内的图案）或边（对于被包含在方形边界内的图案）优选地与用户的视场中的大致在 2 度到 12 度的范围内的角相对向，并且对于与用户的视场中的近似 6 度相对向的直径（或边），获得了最佳结果，如可以从图 5 看出。这个直径允许 Humphrey 的视域分析器程序 30-2 基于当前可接受的视场缺陷的测量结果来对效果进行评估。

下面，参照图 6a、6b 以及 6c，对本发明一实施方式的操作进行更详细说明。

参照图 6a，初始地（S1），接通 CPU，初始化程序代码，并且头部定位在头部定位装置 5 中的用户面对屏幕 2 坐下，以如上所述，获得屏幕 2 与用户的视场之间的大致已知关系。

在这种状态下，通过在画面上提示、通过扬声器 18 的音频信号、或者通过操作员，要求用户指示他们是否为新用户（即，他们是否先前已经利用本系统设置过数据库记录）（S2）。

如果确定他们是新用户，则系统进行至 S3，在 S3 中，设置针对该用户的数据库记录。数据库记录包括变量集 C_p（其中，p =（1、2、…M），M 是总显示位置数），这些变量针对在不同显示位置 P 中的视觉刺激确定对比度设置。这些变量每一个都针对最大对比度设置（对于本实施方式来说，为 90 %）（S4）。因而，在每一个显示位置中，向系统的新用户初始地呈现最容易检测的视觉刺激。将表示对话数的变量 SESSION 设置成 0（S5），并且将变量集 D_p（其中，p =（1、2、…M））设置成 0（S6），表示可以认为用户已经成功地检测到视觉刺激的连续对话数当前为零。接着，系统等待用户指示他们已做好了开始训练的准备（S9）。

如果在 S2 处，用户被确定为现有用户，则系统进行至 S7，在 S7 中，它等待用户经由响应装置上的按钮 18 输入诸如用户姓名的标识信息。一旦用户已经标识了他们自己，系统就查寻针对该用户的数据库记录（S8）。同新用户的情况一样，数据库记录包括确定不同显示位置中的视觉刺激的对比度设置的变量集 C_p。这些变量已经根据用户先前表现设置，后文

将更详细描述。接着，系统等待用户表明他们已做好了开始训练的准备（S9）。

当用户通过按压一个按钮 18 来指示他们已做好了开始训练的准备时，训练开始。这时，系统进行至图 6b 的流程图所示的例程“训练”。

参照图 6b，初始地，变量 SESSION 递增 1（S10）。接着，将表示显示位置的变量 P 设置成 1（S11），并且将计数器 A 设置成 1（S12）。当 P = 1 时，视觉刺激呈现在多个不同显示位置的第一个显示位置处，并且通过存储在用户的数据库记录中的变量 $C_{p=1}$ 确定针对该显示位置的对比度。

在训练期间，在两个连续时间间隔向用户重复呈现，通过在时间间隔的开始和结束时进行音频信号发声来标识这两个连续时间间隔。在本实施方式中，这些时间间隔每一个都具有大约 2 秒钟的持续时间。对于每一次重复来说，仅在两个时间间隔中的一个时间间隔期间显示视觉刺激。为此，在两个时间间隔中的第一时间间隔开始之前，系统将值 1 或者值 2 随机分配给变量 T（S13）。接着，计时器开始对第一时间间隔进行计时（S14），并且同时使表示第一时间间隔开始的音频信号发声（S15）。如果 T = 1，则在第一时间间隔的持续时间显示视觉刺激（S16、S17），然而，如果 T = 2，则不显示视觉刺激。在第一时间间隔结束时，使表示第一时间间隔结束的音频信号发声（S18）。随后，计时器重置（S19），并且开始对第二时间间隔进行计时，并且同时使表示第二时间间隔开始的音频信号发声（S20）。如果 T = 2，则在第二时间间隔的持续时间显示视觉刺激（S21、S22），然而，如果 T = 1，则不显示视觉刺激。在第二时间间隔结束时，使表示第二时间间隔结束的音频信号发声（S23）。明显的是，因为 T 必须取值 1 或 2 中的一个，所以始终在一个时间间隔或另一时间间隔中显示视觉刺激，而决不会在两个时间间隔中都显示。

在第二时间间隔结束时，系统等待用户指示他们认为在哪一个时间间隔期间显示了视觉刺激（S24）。如下地实现这种指示：如果用户认为视觉刺激是在第一时间间隔期间显示的，则他们按压按钮 18 的第一按钮，或者如果他们认为视觉刺激是在第二时间间隔期间显示的，则按压按钮

18 的第二按钮。如果按压第一按钮，则变量 R 取值 1（S25），如果按压第二按钮，则变量 R 取值 2（S26）。接着，将变量 R 的值和变量 SESSION、C_p、T 以及 P 的值以及计数器 A 一起记录为数据库条目（S27）。在用户已经这样表示了他们的响应之后，将 A 增 1（S28），系统返回至 S13，并且重复处理。

在每一次重复之后，在步骤 S28 处将 A 增加 1 之前，确定处理是否已经重复特定次数（A = N），并且一旦确定出 A = N，则系统就进行至 S29。在 S29 处， P 递增 1，以使 P 取与下一个显示位置对应的值。接着，系统返回至 S12，在 S12 中，将计数器 A 重置成 1，以针对下一个显示位置将处理重复 N 次。每当处理确定 A = N 时，系统确定是否已经针对所有显示位置执行了训练，即，是否 P = M，在这种情况下，例程“训练”终止，并且系统进行至图 6c 的流程图所示的例程“分析”。

参照图 6c，初始地，针对每一个预定位置检测视觉刺激时，通过系统核对针对用户在 S27 处存储在数据库记录中的用户响应，来确定用户的成功程度 S_p（S30），并且将这些结果输出给用户（S31）。针对每一个显示位置 P，如果成功程度 S_p 等于或大于上阈值 T_u，则用户的数据库记录中的变量 D_p 的值递增 1（S33），以表示可以认为用户已经在这个对话期间可靠地检测到视觉刺激。接着，确定是否 $D_p = 3$，即，确定是否可以认为用户已经可靠地检测到视觉刺激达三个连续对话。如果 $D_p = 3$，则将存储在用户的数据库记录中的 D_p 的值重置成零（S34），并且将对比度设置 C_p 调节成对应于减小 10 %后的对比度值（S36）。然而，如果 $D_p \neq 3$，则不重置存储在用户的数据库记录中的 D_p 的值，并且不改变对比度设置 C_p。而且，如果成功程度 S_p 小于上阈值 T_u，则将存储在用户的数据库记录中的 D_p 的值重置成零（S35）。

这样，系统能够对可以认为用户已经针对特定显示位置可靠地检测到视觉刺激的连续对话数进行计数。

接着，确定成功程度 S_p 是否小于下阈值 T_L。如果是这种情况，则将针对该显示位置的对比度设置 C_p 调节成对应于增加 5 %后的对比度值（S37）。

因而，当三个成功对话将导致对比度下降时，如果对比度减小后的表现下降至下阈值之下，则对比度升高 5 %。因此，三个显著成功的表现导致任务变得更难，而一个差的表现使任务变得更容易。

如果成功率 S_p 位于阈值之间，则不改变针对该显示位置的对比度设置 C_p。类似的是，如果将针对特定显示位置的对比度设置成最大并且针对该位置的成功率小于 T_L，或者如果将对比度设置成最小并且成功率等于或大于 T_u，则不改变针对该显示位置的变量 C_p 的值。

如上所述，在第二时间间隔结束后，直到用户指示他们的响应时系统才继续前进。由此，如果用户没有能够检测到视觉刺激，则应当指令他们猜测在哪一个时间间隔中显示视觉刺激。

因此，即使是不能够检测到任何视觉刺激的用户，其也有 50 %的机会来正确地标识呈现视觉刺激期间的时间间隔。因此，必需确定成功率 S_P 是否大于用户通过猜测获得的成功率。随着 N 的增加，特定成功率大于用户通过猜测获得的成功率的置信度也随着增加了。因而，希望 N 值较高。然而，增加 N 的值也增加了训练的持续时间。因为用户的检测视觉刺激的能力会因长时间使用本装置所产生的疲劳而开始退化，所以必需获得值 N 与训练的持续时间之间的平衡。在这个方面，实验已经示出，用户可以应付每天大约 30 分钟的对话。如果要针对 3 个不同显示位置重复处理，则允许 N = 50 的值。随着 N = 50，针对成功率 33/50（66 %）的置信度为 $p < 0.05$，而针对成功率 42/50（84 %）的置信度为 $p < 0.001$。在这个基础上，认为可以可靠地将获得成功率 42/50 或以上的用户确定为能够检测到了视觉刺激。因此，在 N = 50 的情况下，按 42/50 = 84 %来设置成功率的上阈值 T_u，而按 33/50 = 66 %来设置成功率的下阈值 T_L。针对 N 的不同的值，必须确定不同的阈值。将 CPU 设置成，利用对于本领域技术人员来说实现起来简单明了的标准统计学技术，基于 N 的值，计算恰当的上阈值和下阈值。应当清楚，针对用于成功率的上阈值和下阈值和针对其间关联的置信度的上述指定值仅仅是从恰当值的范围中采用的示例。

N 的值和训练的持续时间还必须与 M 的值平衡。对于直径或边与 6

度角的视觉刺激相对向的大小来说，根据盲域的尺寸，为激活用户的整个盲域所需的不同显示位置数可以是较高的数。然而，针对 N = 50 的值来说，这将意指持续显著长于 30 分钟的训练。

在一些情况下，具有比 30 分钟长的持续时间的训练可能是恰当的。然而，优选的是，针对不同用户，显示位置的坐标应当可调节，以使把用户的视场中的适合区域作为目标。这样，可以只需要少于 5 个的显示位置。在这种情况下，可以将显示位置的坐标存储在用户的数据库记录中。

为了帮助用户检测视觉刺激，在屏幕上显示采用点或十字影线的形式的固定点，其作为视觉刺激的显示位置的中心。和视觉刺激本身不同，固定点贯穿两个时间间隔呈现在屏幕上，以便沿恰当方向稳定用户的凝视。

在用户始终不能检测到视觉刺激的情况下，这对用户的信心可能具有不利影响。为避免这种情况并且维持用户的兴趣，一种方法是在与用户的视场中的用户能够容易地检测到视觉刺激的区域对应或至少局部地交叠的位置处，在训练期间以随机间隔呈现视觉刺激。由于对在这种位置处呈现的刺激的用户响应对用户检测被训练显示区域中的刺激的能力没有任何意义，因而当核对响应数据时，应当将这些用户响应忽略。随着进一步的测量，如果病人已经正确地标识出呈现视觉刺激的时间间隔，则可以以音频信号通知他们。

为了获得最好的结果，用户应当能够保证每天一次训练达至少 90 天，优选为连续天数。然而，如果每周错过一天或两天，则也可能获得积极的结果。

在这个方面中，本发明的显著优点是其通用性，这表示其不但适于安装在实验室中或临床环境（clinical setting）中，而且适于安装在用户的家庭环境中，并且对于用户使用来说简单明了，而不需要操作员的监督。这意指用户不需要为了使用本装置而每天都去医院或诊所。

虽然上述本发明的实施方式使用在一个或两个间隔期间向用户显示视觉刺激、并且用户指示他们认为在两个间隔中的哪一个间隔中显示了

视觉刺激的方法，但其它方法也是可以的。例如，在通过音频信号标记开始和结束的单个时间间隔期间呈现视觉刺激、并且用户指示他们是否看到任何事物的方法。

尽管在本实施方式中，基于三个连续对话之后的用户的表现来调节视觉刺激的对比度，但在另选实施方式中，本系统可以被配置为在调节视觉刺激的对比度之前评估用户在任何数量对话中的表现。

如果有效地使用，则本发明的装置可以显著地改进具有因大脑伤害而造成的皮质盲的用户的盲域内的感受性。图 7a 到图 7c 中例示了针对使用本装置超过 96 个对话的用户的响应数据。每一个图形都表示针对特定显示位置、或用户的视场的“目标”的数据，并且在 y 轴上例示了针对 x 轴上的对话数标绘的百分比对比度（◆）和成功率（■）。由符号◆表示的对比度数据表示针对每一个对话向用户呈现的视觉刺激的对比度设置，而由符号■表示的成功率数据表示在该对话期间用户检测到视觉刺激时的成功率。

如可以从图 7c 看出的，用户获得针对显示位置“目标 3”的接近完美的成功率，表示这个显示位置对应于他们的视场的看得见的区域。从而，每三个对话就将从最初被设置为 90 %的刺激的对比度降低 10 %，并且最终在第 27 个对话之后，将该对比度降低 5 %，这时，达到最小对比度 5 %，并且针对剩余对话保持这个最小对比度设置。

与此相反，图 7a 和 7b 的图形示出针对初始 25-30 个对话大约 50 % 的成功率。这个成功率和认为用户通过猜测获得的成功率一致，表示用户在这些初始对话期间根本不能在这两个显示位置处检测到视觉刺激。然而，在初始对话之后，可以看出，随着用户的检测视觉刺激的能力的提高，成功率也随之逐渐增加。当用户三个连续对话获得超过大约 80 % 的阈值的成功率时，将视觉刺激的对比度降低 10 %。随着时间的过去，这获得用户的对视觉刺激的感受性上的提高，使他们能够检测到降低了对比度的视觉刺激。在对话结束时，病人可以检测到低得多的对比度目标，并且变得获知在他们的盲域中的这些事件，由此增加他们的感受性。

实验示例：

概述

遭受视域缺陷的一组 15 个病人利用根据本发明的视觉锻炼装置和方法进行每日训练计划达 3 个月的时段。在对话之前和之后的主观和客观测量的视觉感受性的范围已经示出视觉感受性增加的证据。

过程

在进行训练计划之前，利用 Humphrey 自动视域检测法（10-2 和 30-2 全阈值）在两个分立的对话中对病人的视域进行评估。基于视域数据，在每一种情况下，标识两个分立的视域位置，一个作为训练期间用于重复刺激的候选，而第二个作为不进行刺激的控制区域。在 4-6 次分立拜访实验室期间，在进行训练之前执行许多测量，以获取针对每个人的视觉感受性的基线测量结果。这包括检测空间频率的范围、1 周期/°的对比度检测、以及利用自动视域检测和主观视域的视域测量。将这些测量在 3 个月之后进行重复，以查明在间隔时段中重复刺激的效果。

训练计划本身由分别在 3 个不同的视域位置处的 50 个试验组成（总计 150 个试验），该不同的视域位置是执行基线测量的视域位置，连同两个其它相邻位置，一个还进入视域缺陷，而第二个通常横跨在如通过视域检测表示的绝对盲区的边界上。将盲域边界上的表现包括进来，以保持病人的针对任务的注意力，并且避免因盲区内单调呈现的视觉刺激而造成的厌倦。

各试验中涉及在时间双另选强迫选择任务中由病人在均匀场中辨别垂直正弦光栅。使用的光栅是具有和背景相同的空间平均亮度（37 cd/m^2）的按 10 Hz 时间调制的圆形斑点（patch）（1 周期/°）。初始地，将所有光栅对比度设置成 90 %（Michelson 对比度），并且在每一个对话期间使所有位置中的视觉刺激用对比度保持恒定。接着，在每一个对话结束时改变光栅对比度，以使表现保持一致。

每一个试验中的两个时间间隔都利用音频嘟嘟声指示，而结束试验时用分立的音频嘟嘟声指示。病人经由响应盒来指示在两个间隔中的哪一个间隔呈现光栅。这提供了所谓的“辨别数据”。

另外，利用关键注释范例，在每一个试验之后，病人还通过响应盒

以二进制方式报告他们是否意识到呈现了刺激。病人被要求只有当没有获知视觉刺激的任何事物时他们才响应“否”。这提供所谓的“报告获知数据”。

在各试验之后不向病人反馈他们是否是正确的，在各对话之后也不进行反馈，因此，在整个训练计划中，病人完全不知道他们的表现得分。

结果

出于这个研究的目的，征募了一组 15 个病人，排除了 3 个病人，2 个在完成之前从研究中退出，而 1 个在开始后期训练测试之前不久发生二次撞击。

检测各种空间频率的高对比度光栅

在开始训练计划之前，病人报告其中呈现出了经时间调制（10 Hz）的 Gabor 斑点的间隔，该斑点被限制成$\pm 2\sigma_z$，空间包络的标准偏差（σ_z）= 2.5°、时间高斯包络的标准偏差（σ_t）= 500 ms、持续时间为 2s（$4\sigma_t$），载频在 0.5-7 周期/°的范围内。针对所有病人将视觉刺激对比度固定在 50%。剩余间隔包含具有等同于 Gabor 斑点（37 cd/m^2）的空间平均亮度的亮度的均匀视场。结果如图 8a 和 8b 所示，并且在（前）训练计划之前的结果标记有菱形（◆），而在（后）训练计划之后的结果标记有方形（■）。

参照辨别数据，成对的样本比较示出，针对 0.5 周期/°（t = 3.179、df = 6、p < 0.1）和 1 周期/°（t = 2.376，df = 6、p < 0.027）、2 周期/°（t = 2.716、df = 6、p < 0.017）以及 3.5 周期/°（t = 3.113、df = 6、p < 0.011）的空间频率，训练之后有显著的改进。在 4.7 和 7 周期/°处，表现没有显著的改进。

参照报告的获知数据，成对的样本比较显示出，针对 0.5 周期/°（t = 2.120，df = 6、p = 0.039）和 1 周期/°（t = 2.556，df = 6、p < 0.022）的空间频率，训练之后有显著的改进，但是在 2 周期/°（t = 1.408、df = 6、p < 0.11）和 3.5 周期/°（t = 1.445、df = 6、p < 0.2）以及更低频率处没有显著的改进。

图 9a 和图 9b 示出了在进行训练计划之前和之后针对呈现至控制位

置的视觉刺激的病人组的辨别报告和获知报告。所有的刺激参数都和上述针对训练区域报告的相同，但没有病人在训练期间在控制区域中接收到系统视觉刺激，从而调查某一改进是否为训练任务特有的。该结果表明，在控制区域中，在训练之后，报告的获知在任何测试的空间频率上都没有显著改进。

辨别方面的改进，尽管具有统计学意义，但覆盖了比针对训练区域的空间频率窄的空间频率的范围。

检测对比度的范围内的 1 周期/° Gabor 斑点

残留空间频道的峰值感受性和重复的刺激按 1 周期/°设置，并且按 10 Hz 设置时间调制，在进行训练之前和之后测量对对比度等级的范围（5 %、10 %、20 %、40 %、80 %、98 %）的训练区域中的相同刺激的检测。图 10a 和 10b 示出了结果，并且用菱形（◆）标记在（前）训练计划之前的结果，而用方形（■）标记在（后）训练计划之后的结果。

参照辨别数据，成对样本比较示出了，除了最低对比度（5 %）以外，对于其它所有对比度，在训练之后有显著改进。

参照报告的获知数据，在此之后的成对样本比较示出了，除了最低对比度（5 %）以外，在针对其它所有对比度进行训练之后，有显著改进。

评估视域（visual field）感受性

如上所述，在完成训练计划之前或之后，利用 Humphrey 自动视域分析器（VFA）来评估所有病人中的中心 10 度和 30 度中的视域感受性。对于各病人来说，通过对针对每只眼睛的受影响半视域中的分贝变化（db）进行求和并接着平均双眼数据来确定训练之后的感受性的改变。图 11 示出了该结果。

中心 10 度和 30 度都示出了增加的感受性。对于中心 10 度（$t = 2.062$、$df = 10$、$p < 0.033$）和 30 度（$t = 1.852$、$df = 11$、$p < 0.046$）来说，视域感受性的增加是显著的。在针对 10 度（$t = 0.853$、$p = 0.413$、双侧（2-tailed））的眼睛之间的改进中不存在显著差别，但在中心 30 度（$t = 2.684$、$df = 11$、$t = 0.021$、双侧）上，右眼比左眼呈现更多感受性。

另外，通过让每一个病人在一个圆形内绘制他们的对他们的视域缺

陷的感觉来估计每一个病人对他们的视域缺陷的自身主观感觉。在进行训练之前和之后，通过计算受影响区域中的变化，可以推断关于任何感觉到的变化。图 12 示出了该结果。左眼与右眼之间的平均主观视域丧失指出了视域缺陷的显著收缩（t = 3.096、df = 10、t = 0.011、双侧）。在进行训练之后的视域缺陷的明显收缩呈现出两眼相似（t = 2.110、df = 10、p = 0.061）。

测试的结果表明，在检测任务中重复进行具有最佳刺激的视觉刺激，可以使表现更好。通过改变视觉刺激的对比度，在进行训练期间，保持任务难度一致，并且与训练任务开始时相比，病人能够在三个月的训练结束时检测到较低对比度等级下的光栅。

应当相信，本申请中概述的改进盲视域区中的感受性的方法的成功之处在于，大脑感性获知了如何解释来自与视觉皮质中被破坏的那些神经元相邻的未死神经元的信号。

关于这一点，在解释视觉刺激所涉及的视觉皮质内存在许多皮质和非皮质结构，形成居间盲视表现的大量候选路线。这样，残存于导致皮质盲的初始损伤的相邻神经元提供已知为“盲视”的残留视觉能力。通过利用最佳空间和时间特性重复刺激盲域区，本发明允许大脑电路学习使用这些另选处理路线。有效的是，应当相信，随着时间的过去，大脑进行学习来识别和解释“盲视”刺激，导致即使其在用户的视域缺陷内很深，也可以改进感受性。

和本发明提供的视觉刺激相反，日常（环境性）视觉刺激不会导致具有皮质盲的人的视域缺陷的视觉感受性的提高。这是因为本发明提供的视觉刺激对于居间盲视的通道是优化的。而且，具有皮质视域缺陷的人在日常交互中学习忽略他们的盲域区域，而更加注意他们的正常视觉区域。然而，利用本发明，鼓励人们注视来自他们的盲域区的视觉刺激。这还与仅注视对视域缺陷的外边界区域进行刺激的常规康复方法形成了对比。

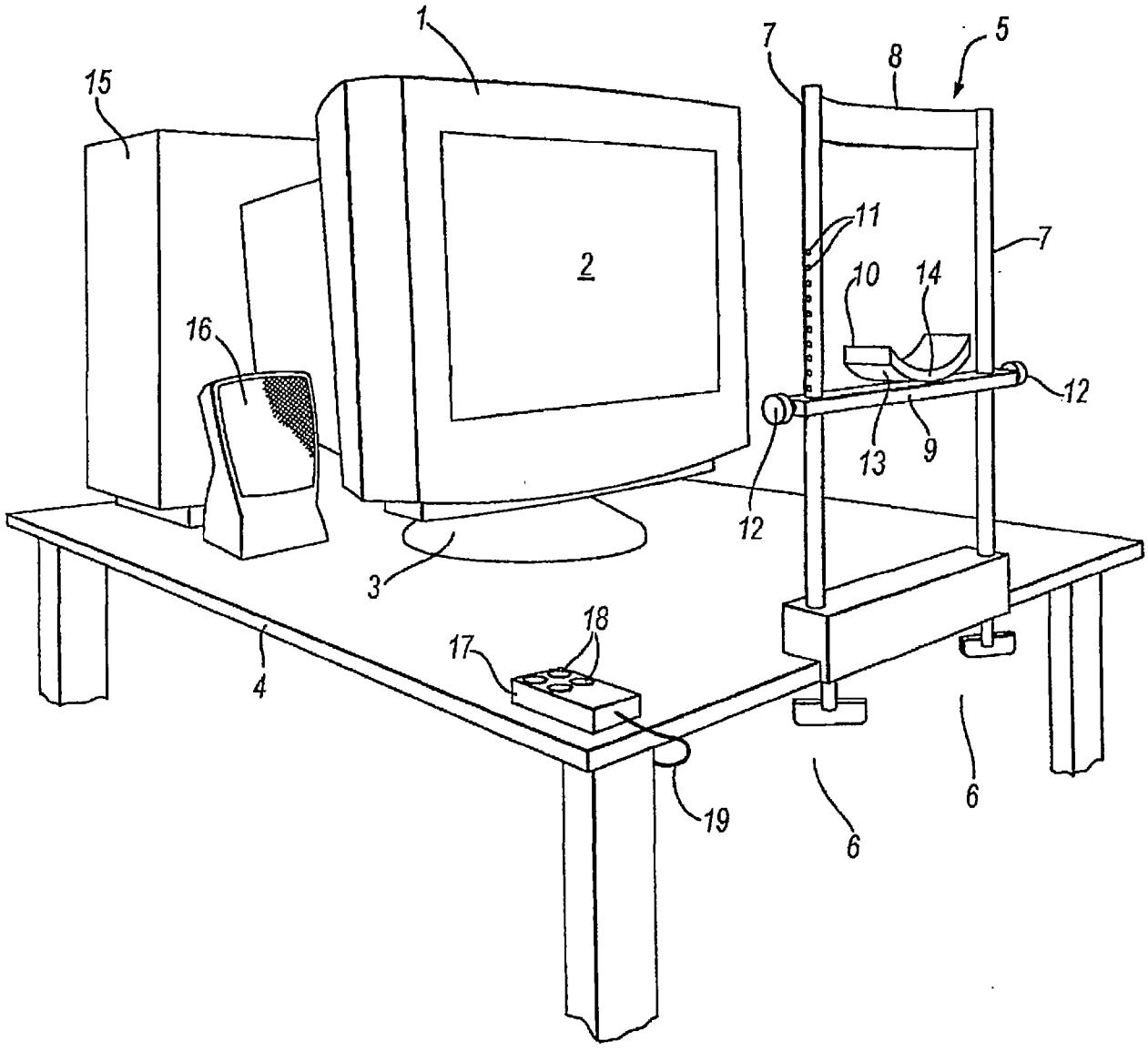


图 1

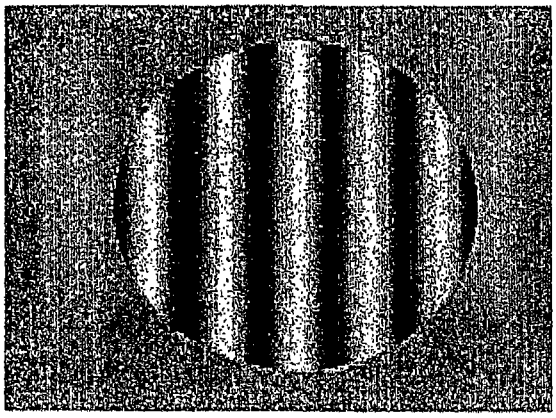


图 2a

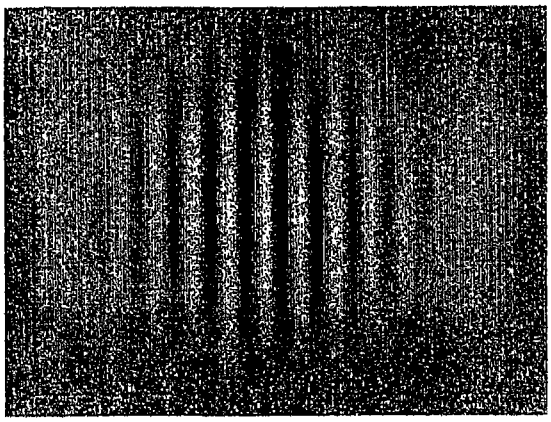


图 2b

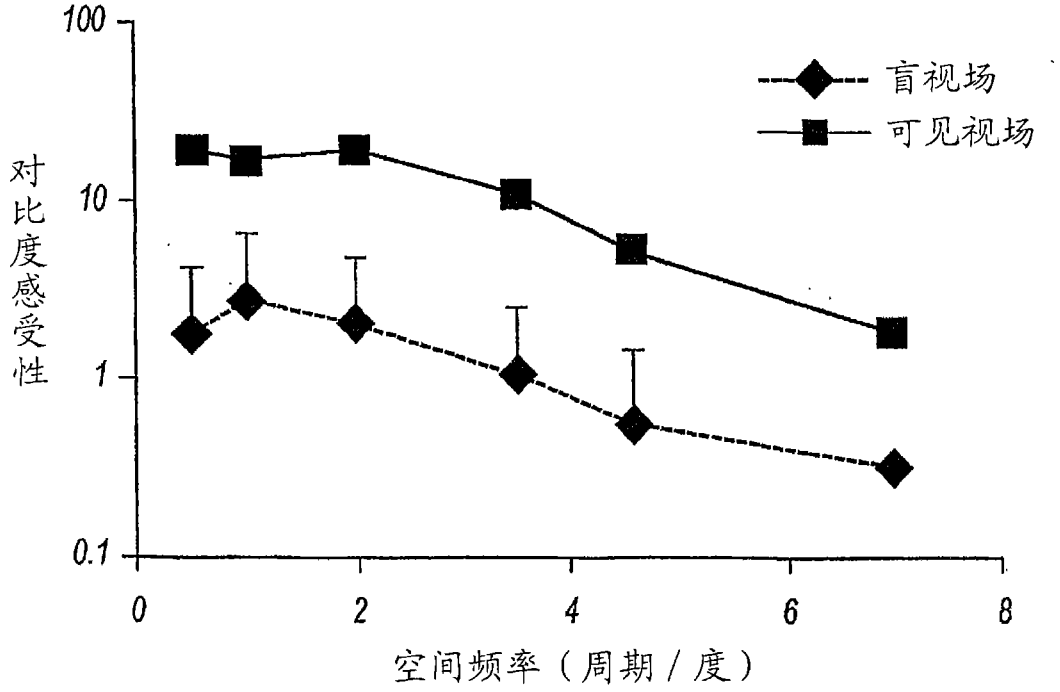


图 3

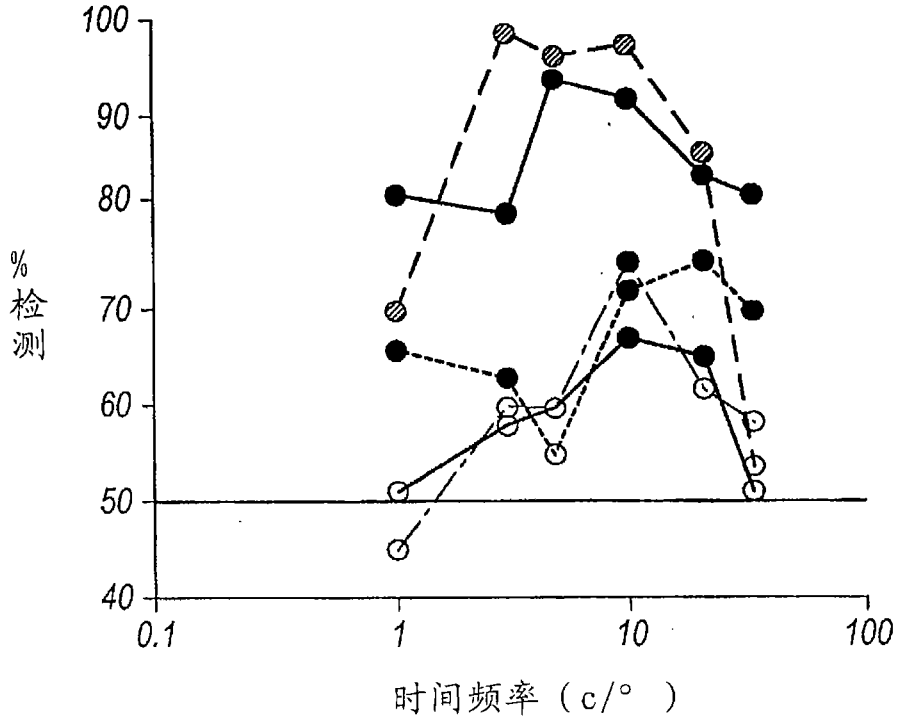

100
90
80
70
60
50
40
% 检测
0.1
1
10
100
时间频率（c/°）

图 4

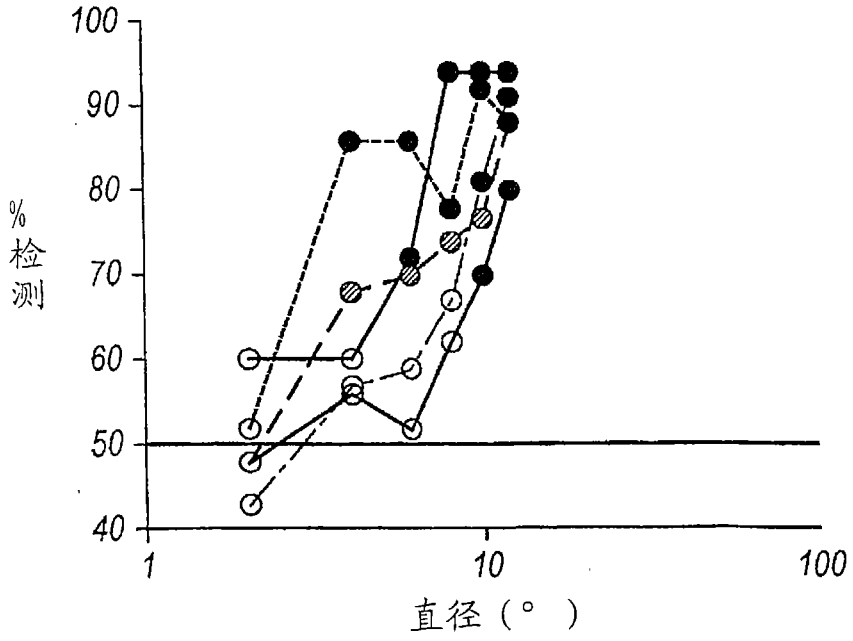

100
90
80
70
60
50
40
% 检测
1
10
100
直径（°）

图 5

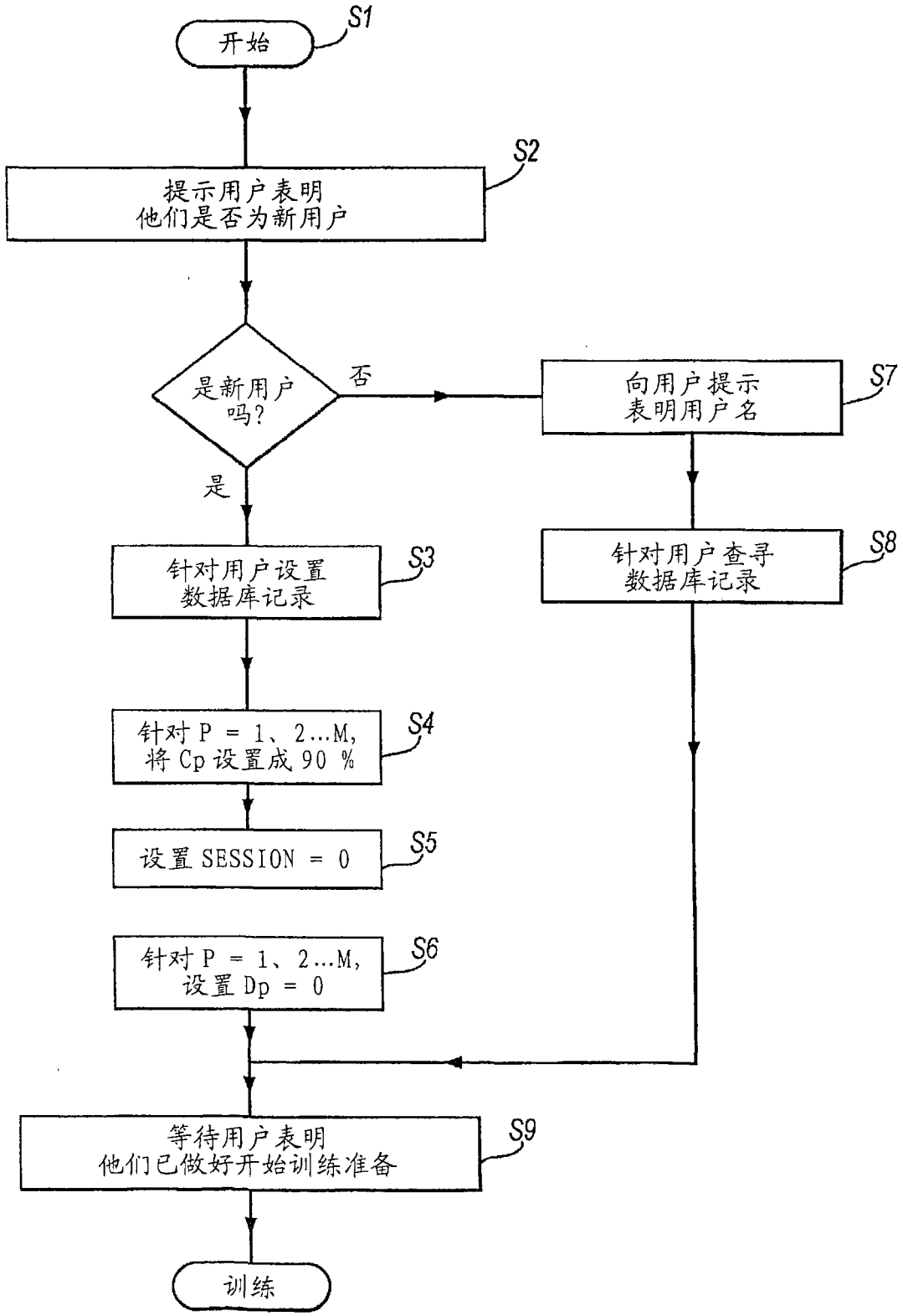

开始
S1
提示用户表明
他们是否为新用户
S2
是新用户
吗?
否
是
向用户提示
表明用户名
S7
针对用户设置
数据库记录
S3
针对用户查寻
数据库记录
S8
针对 P = 1、2...M,
将 Cp 设置成 90 %
S4
设置 SESSION = 0
S5
针对 P = 1、2...M,
设置 Dp = 0
S6
等待用户表明
他们已做好开始训练准备
S9
训练

图 6a

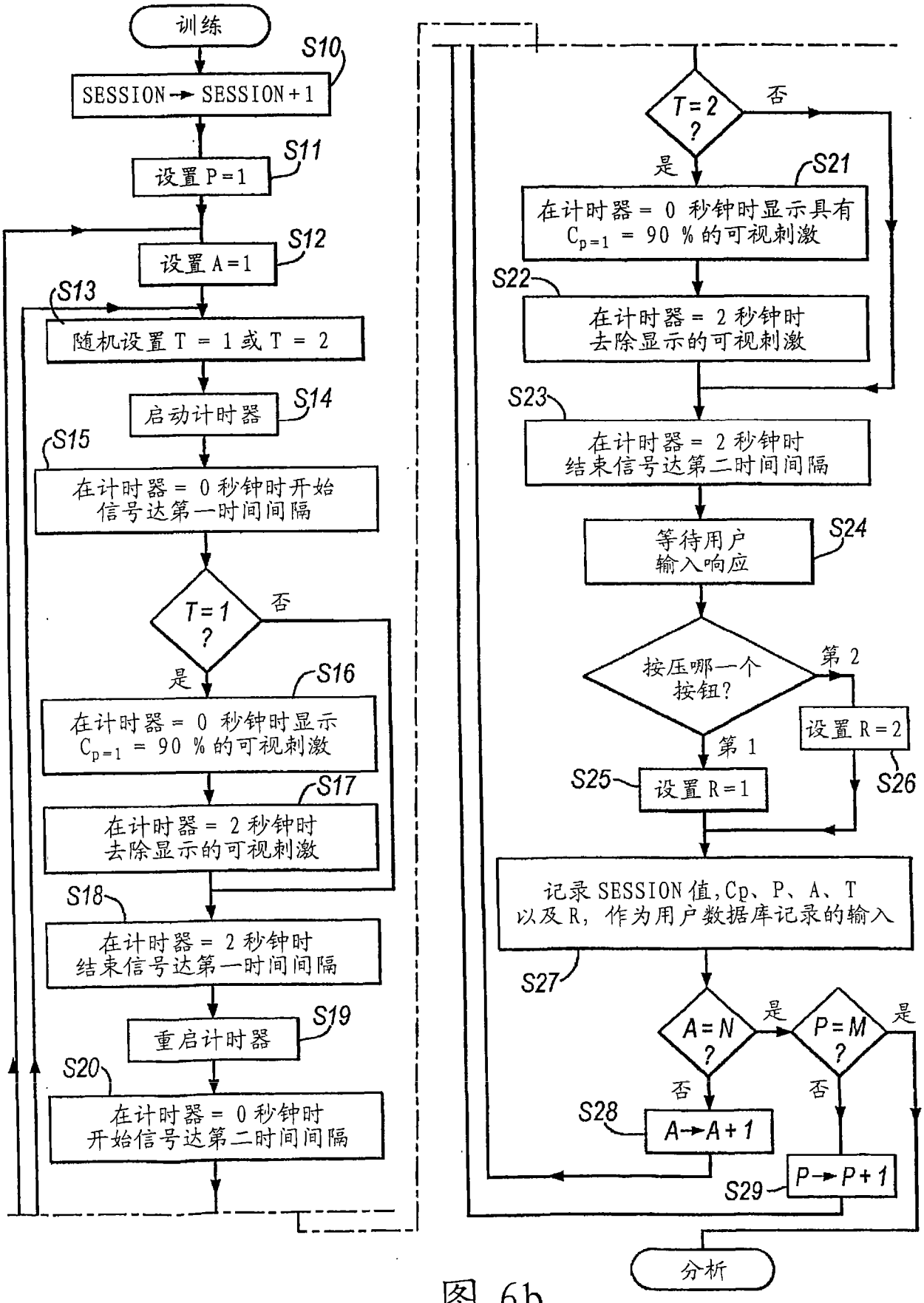

训练
S10
SESSION→SESSION+1
S11
设置 P=1
S12
设置 A=1
S13
随机设置 T = 1 或 T = 2
S14
启动计时器
S15
在计时器 = 0 秒钟时开始
信号达第一时间间隔
T=1 ?
否
是
S16
在计时器 = 0 秒钟时显示
$C_{p=1}$ = 90 % 的可视刺激
S17
在计时器 = 2 秒钟时
去除显示的可视刺激
S18
在计时器 = 2 秒钟时
结束信号达第一时间间隔
S19
重启计时器
S20
在计时器 = 0 秒钟时
开始信号达第二时间间隔
T=2 ?
否
是
S21
在计时器 = 0 秒钟时显示具有
$C_{p=1}$ = 90 % 的可视刺激
S22
在计时器 = 2 秒钟时
去除显示的可视刺激
S23
在计时器 = 2 秒钟时
结束信号达第二时间间隔
S24
等待用户
输入响应
按压哪一个
按钮?
第 2
第 1
设置 R=2
S25
设置 R=1
S26
记录 SESSION 值,Cp、P、A、T
以及 R，作为用户数据库记录的输入
S27
A=N ?
是
否
P=M ?
是
否
S28
A→A+1
S29
P→P+1
分析

图 6b

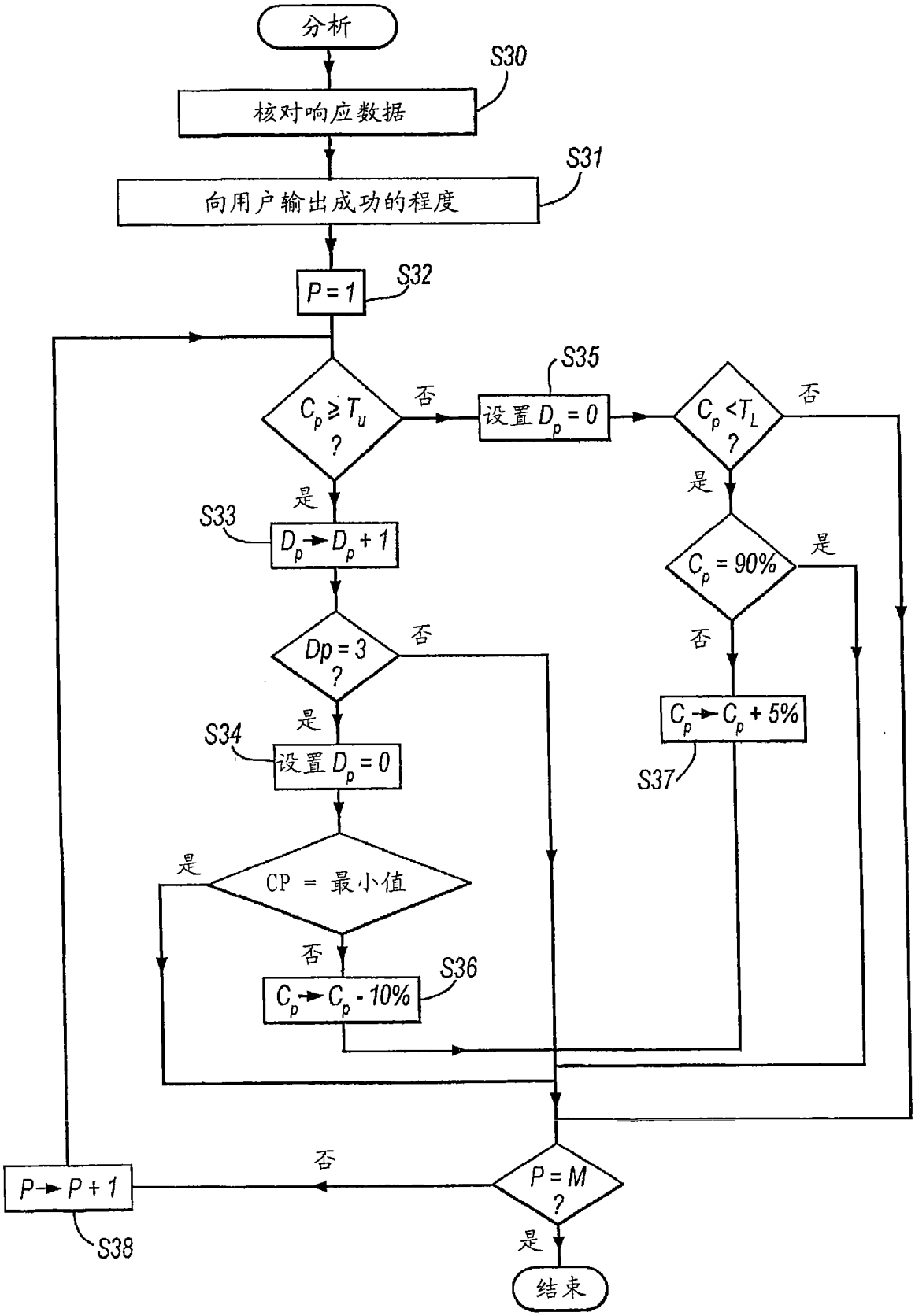

分析
S30
核对响应数据
S31
向用户输出成功的程度
S32
P = 1
S35
$C_p \geq T_u$?
否
设置 $D_p = 0$
$C_p < T_L$?
否
是
是
S33
$D_p \rightarrow D_p + 1$
$C_p = 90\%$
是
否
Dp = 3 ?
否
$C_p \rightarrow C_p + 5\%$
S37
是
S34
设置 $D_p = 0$
是
CP = 最小值
否
S36
$C_p \rightarrow C_p - 10\%$
否
P = M ?
$P \rightarrow P + 1$
S38
是
结束

图 6c

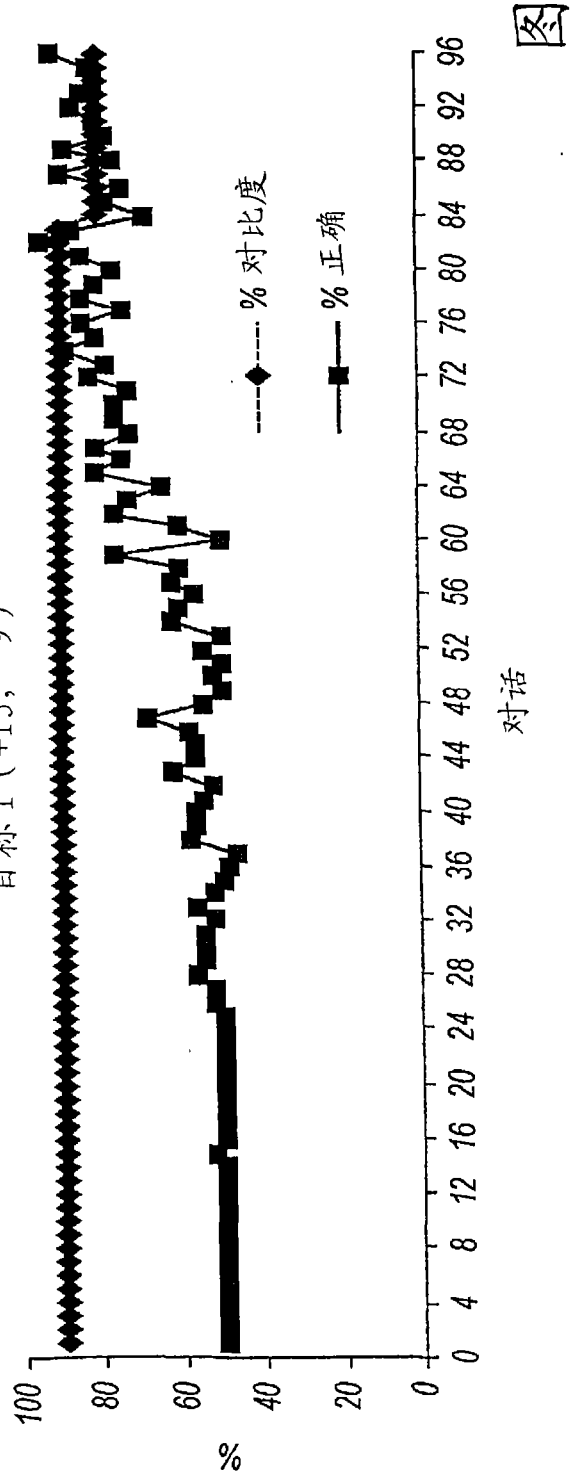

目标 1（+15，-9）
% 对比度
% 正确
%
对话
0
20
40
60
80
100
0 4 8 12 16 20 24 28 32 36 40 44 48 52 56 60 64 68 72 76 80 84 88 92 96

图 7a

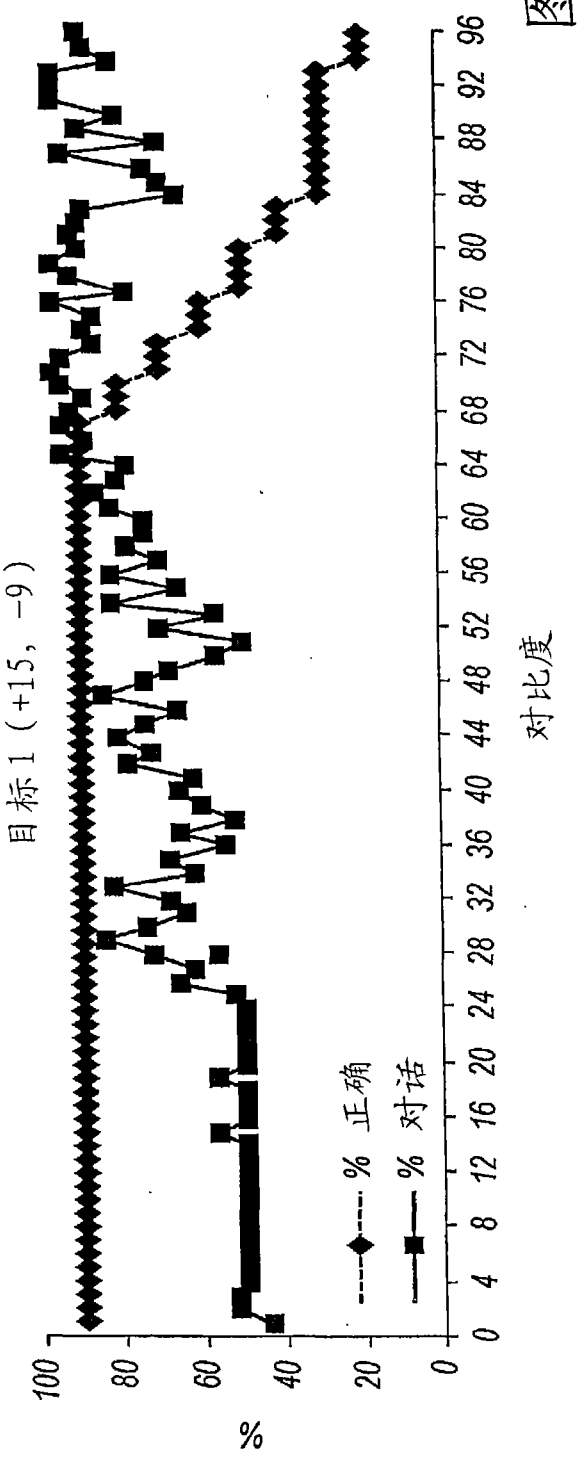

目标 1（+15，-9）
% 正确
% 对话
%
对比度
0
20
40
60
80
100
0 4 8 12 16 20 24 28 32 36 40 44 48 52 56 60 64 68 72 76 80 84 88 92 96

图 7b

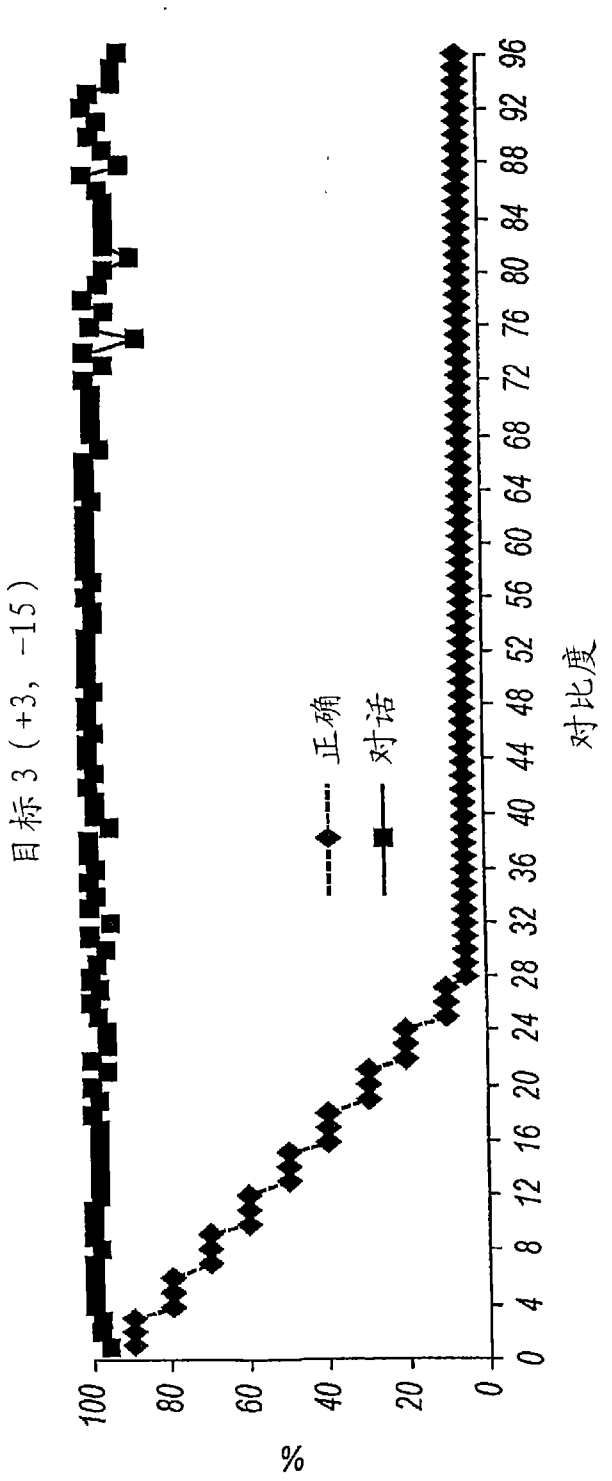

目标 3（+3，-15）
正确
对话
%
100
80
60
40
20
0
0 4 8 12 16 20 24 28 32 36 40 44 48 52 56 60 64 68 72 76 80 84 88 92 96
对比度

图 7c

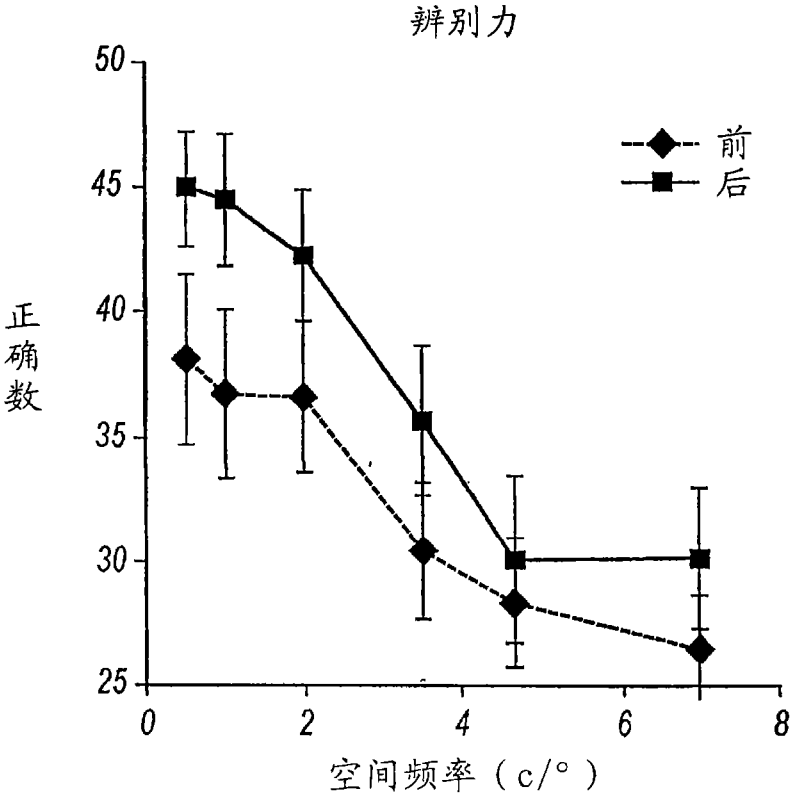

辨别力
50
45
40
35
30
25
正确数
0
2
4
6
8
前
后
空间频率（c/°）

图 8a

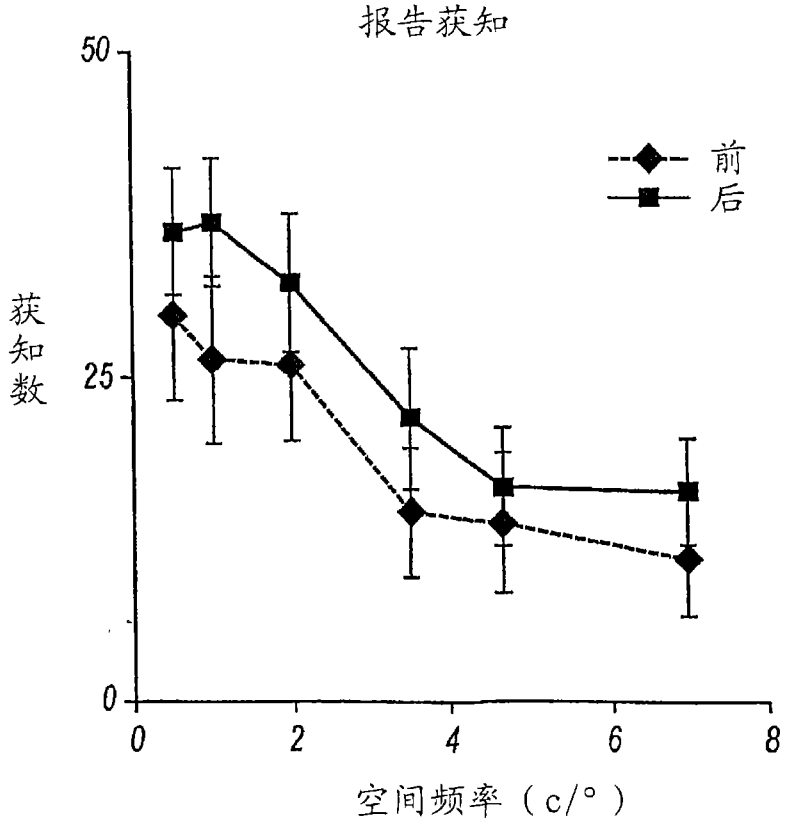

报告获知
50
25
0
获知数
0
2
4
6
8
前
后
空间频率（c/°）

图 8b

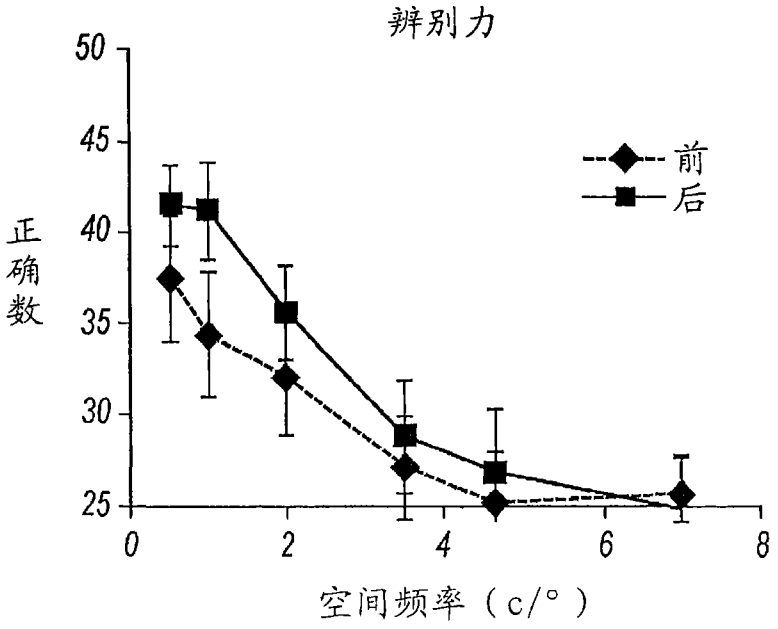

辨别力
50
45
40
35
30
25
正确数
0
2
4
6
8
前
后
空间频率（c/°）

图 9a

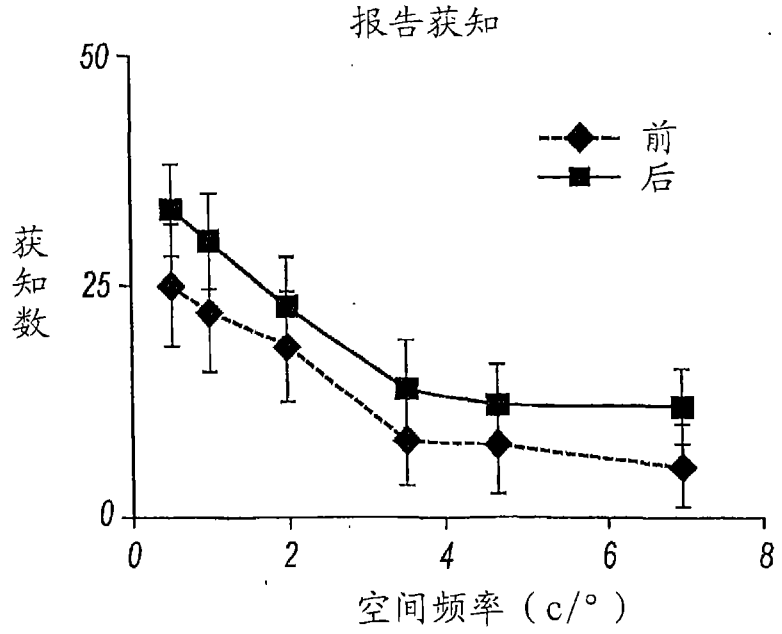

报告获知
50
25
0
获知数
0
2
4
6
8
前
后
空间频率（c/°）

图 9b

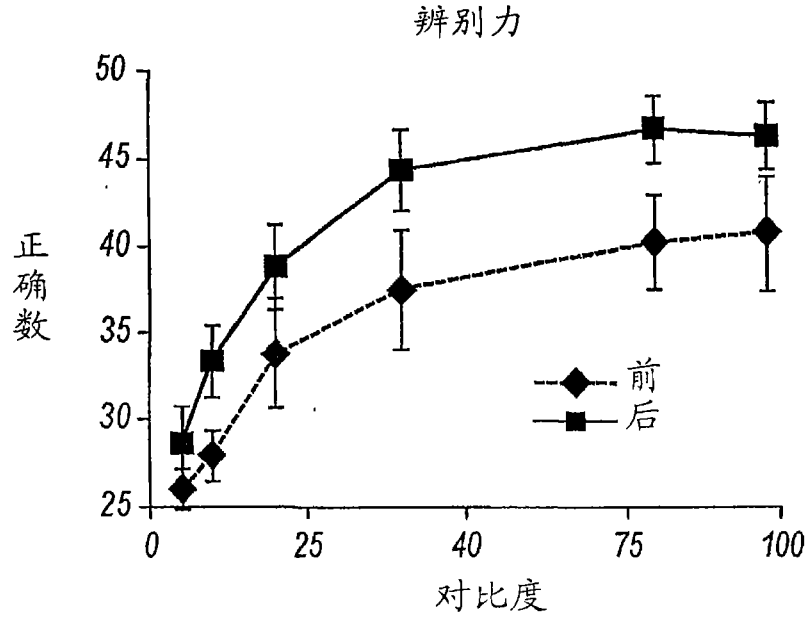

辨别力
50
45
40
35
30
25
正确数
0
25
40
75
100
对比度
前
后

图 10a

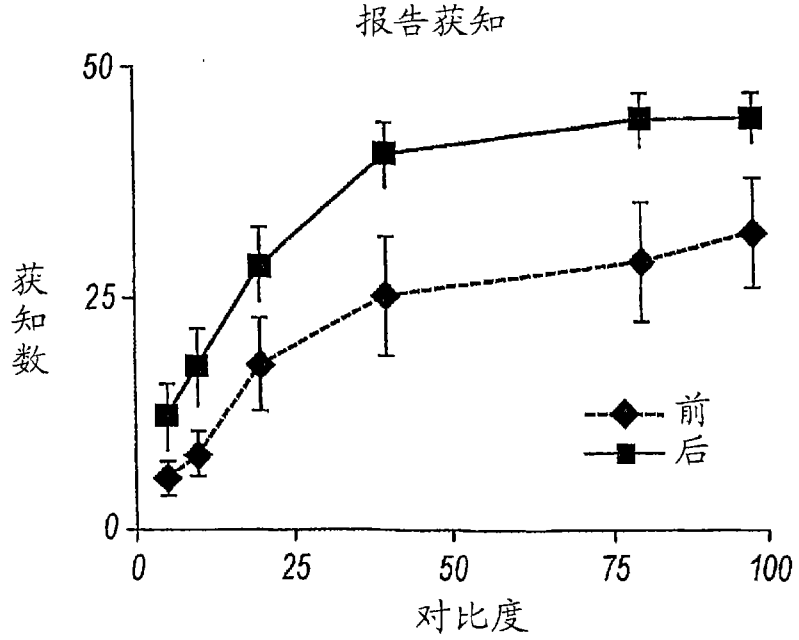

报告获知
50
25
0
获知数
0
25
50
75
100
对比度
前
后

图 10b

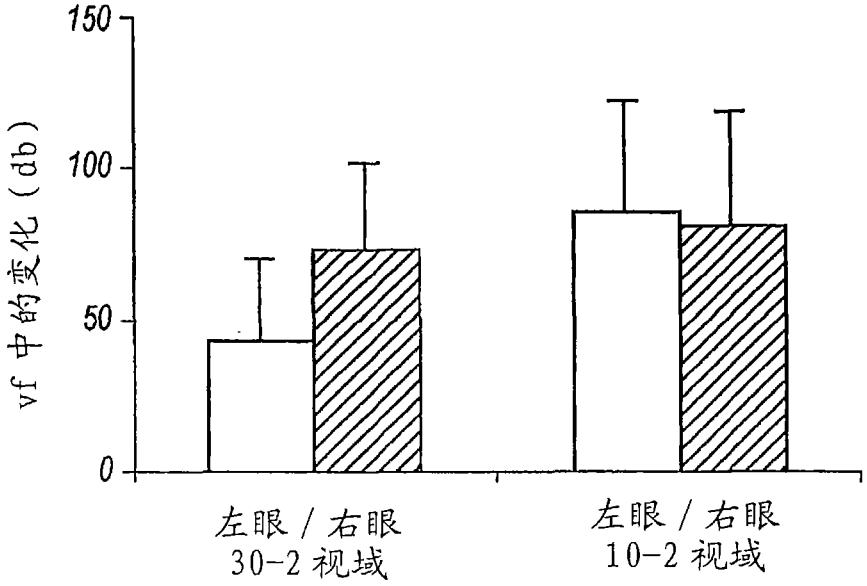

150
100
50
0
vf 中的变化（db）
左眼 / 右眼
30-2 视域
左眼 / 右眼
10-2 视域

图 11

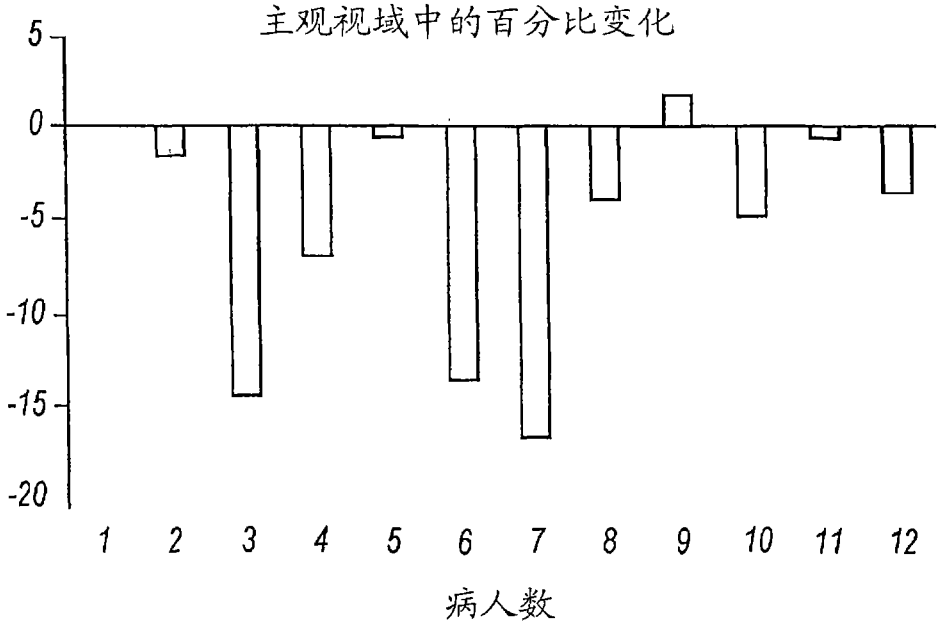

主观视域中的百分比变化
5
0
-5
-10
-15
-20
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
病人数

图 12