

Four Days of Visual Contrast Deprivation Reveals Limits of Neuronal Adaptation Reading Report

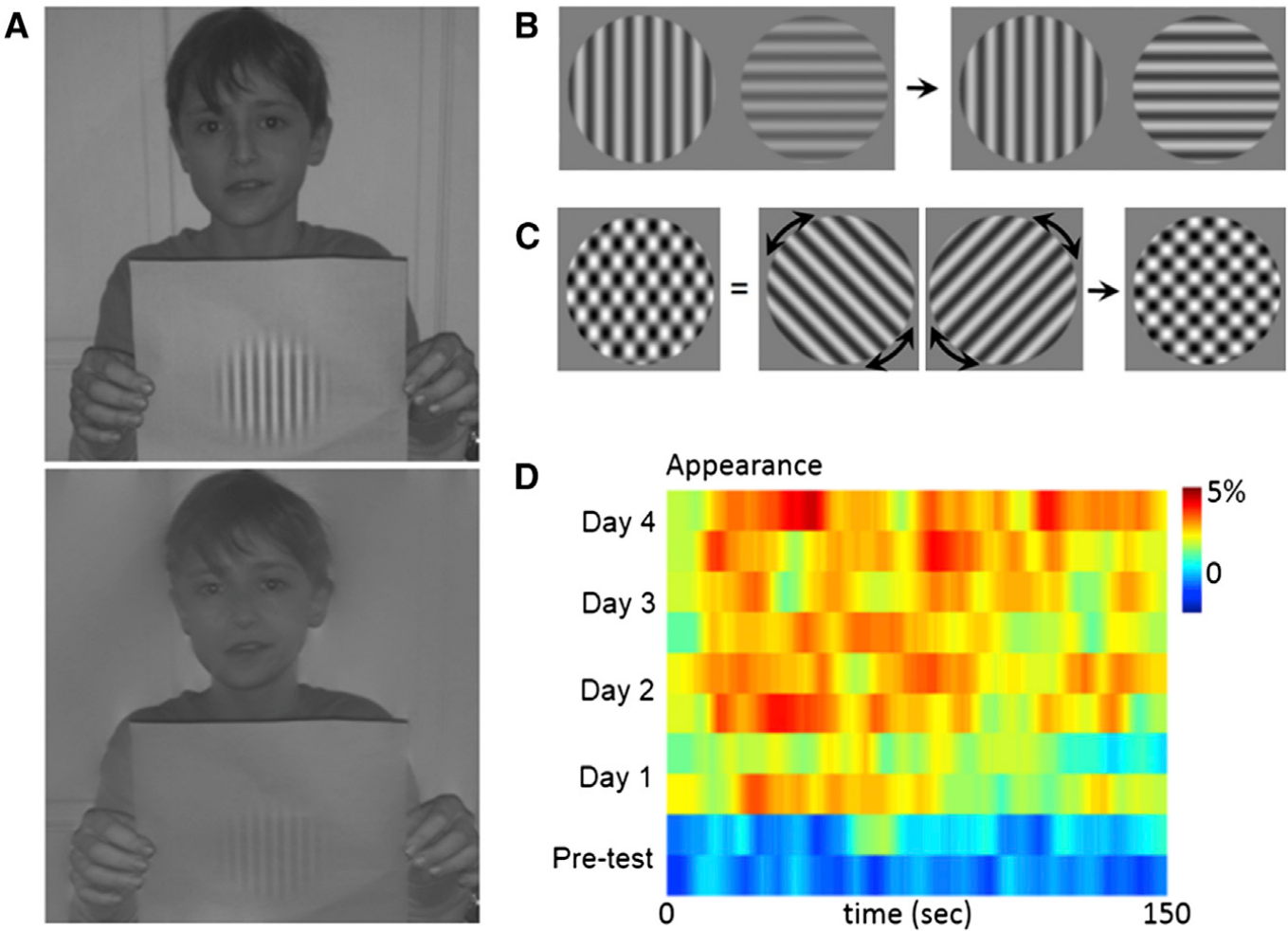
研究背景

感觉系统能调整自己的功能，以应对环境的变化，这个过程被称为适应，是理解大脑皮层共功能的一个关键部分。在视觉对比适应的背景下，暴露于垂直条纹会显著影响对相似方向图案的感知。过去的大多数关于对比度适应的研究时间都较短，本文的实验中，测量了连续4天观察一个缺乏垂直信息的世界的人对适应的感知效果。实验结果显示，对比度适应的影响在大约一天的持续暴露后减弱，第2天到第4天的结果进一步表明，较慢的适应过程可以克服这一限制。但由于通常情况下，适应总体上是有益的，因此其局限性表明，大脑对神经编码改变时产生的代价很敏感。这些代价可能会决定大脑皮层何时以及如何改变其功能。

研究过程

实验任务

通过测量连续暴露于改变的视觉环境4天的效果，来测试视觉对比度适应的极限。受试者被剥夺了在特定方向范围内的视觉输入。他们戴着一个摄像机，在实时过滤掉85% 的垂直能量后，在头戴式显示器上观看视频。在一个方向上减少能量产生一种形式的对比适应，弱输入导致视觉皮层的神经元增加他们的反应能力。用两个任务来测量适应性，每个任务每天测试两次，每次2.5分钟。



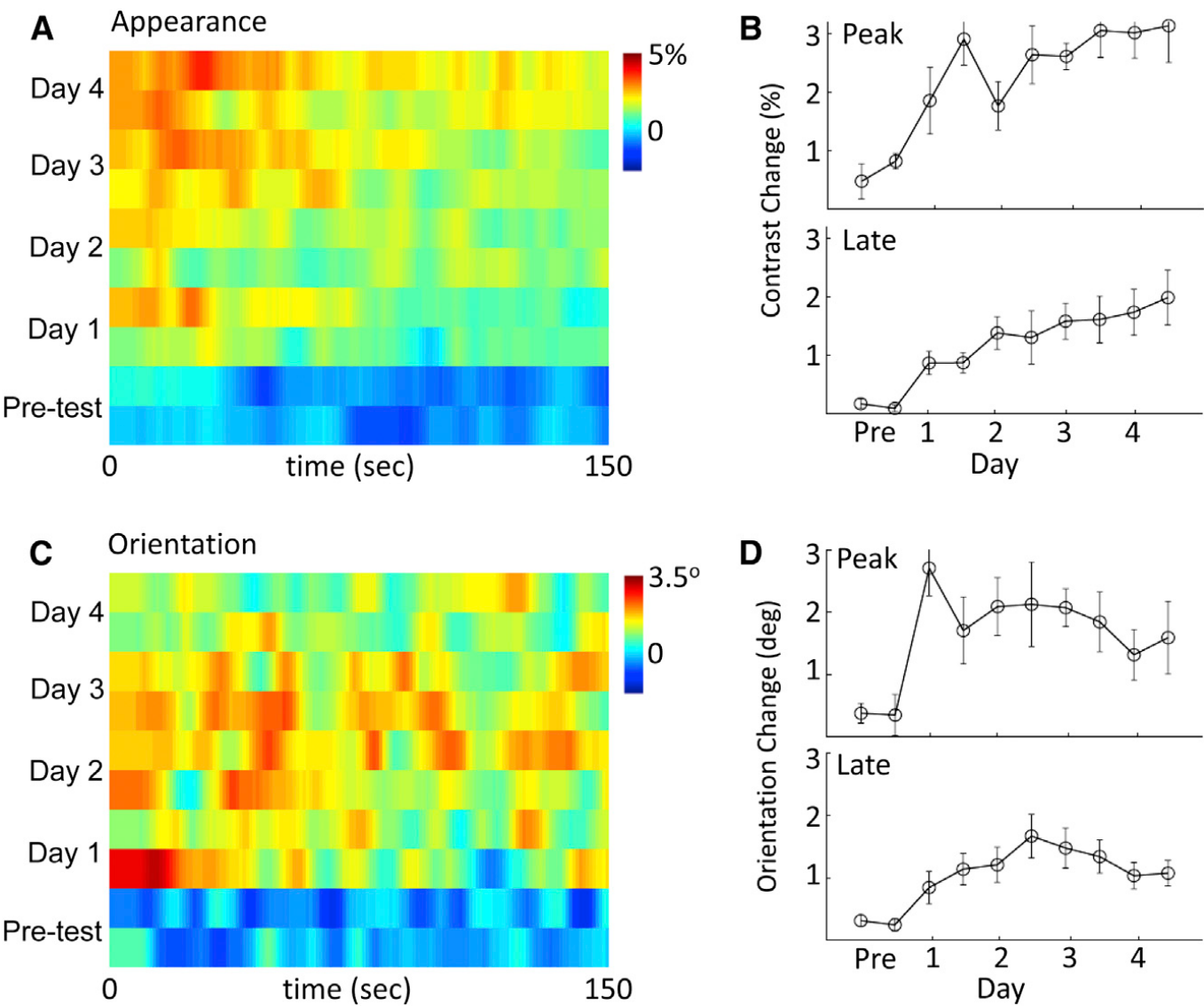
外观判断

外观判断任务中(图1B)，观察者调整了水平模式的对比度以匹配弱垂直模式的明显对比度(5% 对比度，图1B)，并且我们测量了所需的调整量。剥夺后，这个值增加，表明对垂直对比度的神经反应增强。

方向判断

在方向判断任务中(图1C)，受试者调整两个叠加的45个对角线图案的相对倾斜度，这些图案的交点通常呈正方形。适应性倾斜了个体模式的感知方向，导致检查呈矩形。这种倾斜再次表明剥夺改变了被剥夺方向的神经信号的强度。受试者调整图案的方向，使检查重新显示为正方形。

实验结果



外观判断

在一组五个试验对象中，只使用对比外观测量进行测试，适应在第一天显示局部最大值(图1D; 较暖的颜色显示较强的适应)。第一天的第一次实验期间的总适应性大于周围时间的适应性($t_4 = 3.7$, $p < 0.02$; $t_4 = 2.5$, $p < 0.07$ 为峰值)。第一天的局部最大值出奇的大，在随后的几个实验日中，峰值水平和结束水平都有增强的趋势($t_4 > 2.3$, $p < 0.08$)。

在独立样本的七个受试者(图2A 和 2B)中，对于外观，峰值适应再次显示早期局部最大值($t_6 = 2.4$, $p < 0.05$)，尽管是在在第二天的第二次实验中，而不是在第一次实验中。在剩下的实验中，峰值强度和后期适应适应性在整个过程中都稳定增长($t_6 = 4.7$, $p < 0.01$; $t_6 = 2.5$, $p < 0.05$)。

方向判断

适应对方向判断任务的影响在第一天也表现出早期的局部峰值强度($t_6 = 3.4, p < 0.02$)。然而, 随后适应上升到最大强度, 然后在过去的三或四个实验日上下降, 产生倒 U 型形状, 并且有可靠的结束水平($t_6 = 3.6, p < 0.02$)。这种模式在后期实验不同于适应对外观的影响(图2C 和2D; $F_{9.54} = 3.4, p < 0.01$)。

适应性的早期峰值出现在我们外观测验的第二阶段, 而在定向任务中主要在第一阶段, 以及试点实验的外观测验。这种差异很可能是因为主要组的外观数据在当天比其他两组数据收集得更早, 有效地将峰值转移到一个实验阶段之后。峰值时间也可能反映了适应的整体强度, 在试点和主要试验之间略有不同。

结果讨论

实验现象的产生来自控制适应性的两个不同的神经过程——快过程和慢过程

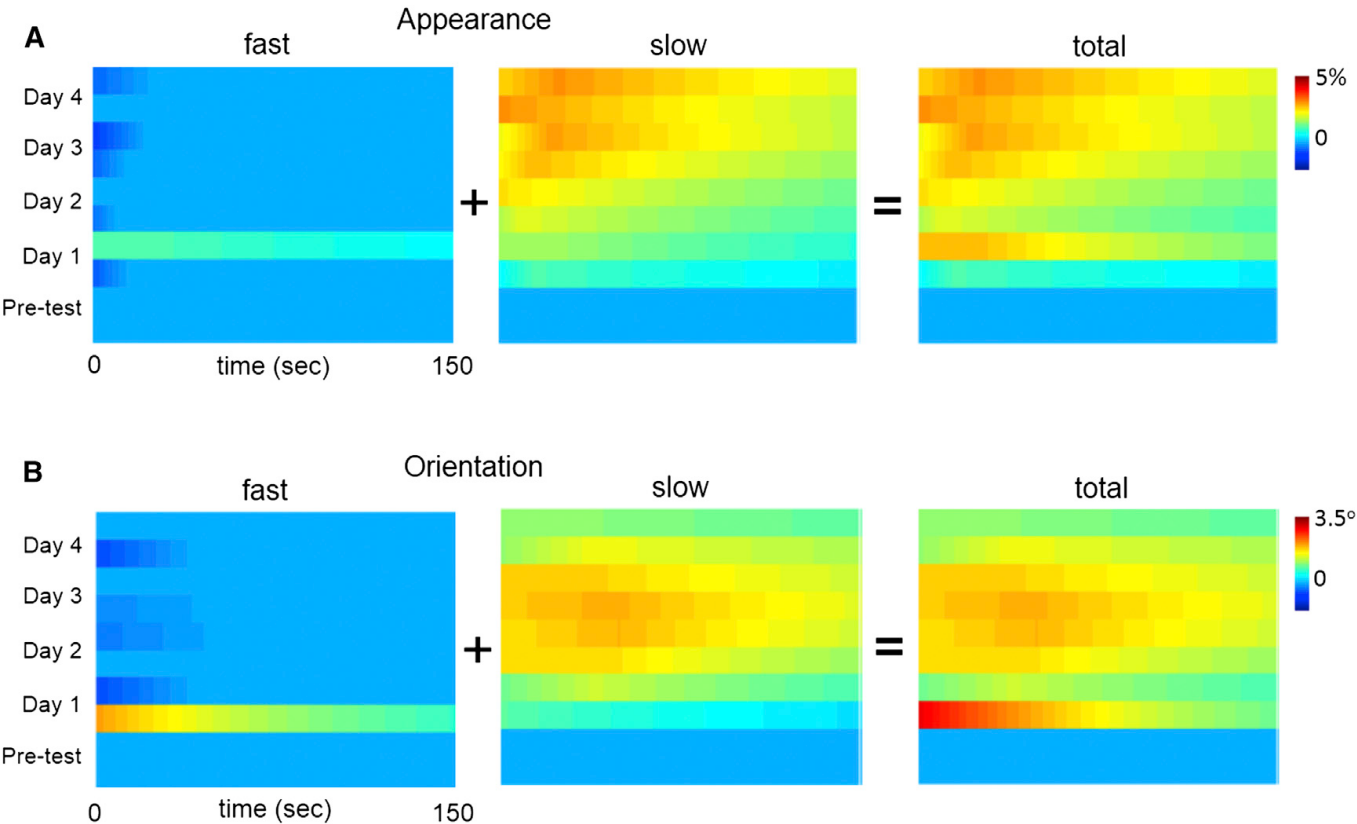
快过程

在被剥夺的第一天, 局部适应最大值可能代表了一个快速过程的行为。这个过程相对较快地检测到环境的改变, 并向倾向于垂直的神经元发出信号以增加它们的增益。然而, 它的影响减弱了下一次实验阶段的强度。

慢过程

第二个缓慢的过程在早期局部最大值之后变得明显, 因为两个任务的峰值适应性在强度和持续时间上都增加了。对于支持外观任务的神经元来说, 这个过程持续增强, 直到实验结束。在定向方面, 它在第二天结束时达到最大强度, 然后变得更弱。

许多短期研究已经确定了在不同时间尺度运作的多个适应过程, 但是没有一个已经确定了运行数天的过程。



为了正式测试这个解释, 我们将一个包含单独的快速和慢速过程的模型放入我们的数据中(图3)。这个快速的过程被限制在第一天达到顶峰, 然后下降。较慢的过程被限制在头三天的强度增长, 要么被允许在第四天继续上升, 要么被允许下降。该模型非常适合, 占数据总方差的70% 以上(比较图2和图3的右列)。即使考虑到其额外参数(重采样分析, $p < 0.01$), 它也比缺乏早期峰值的单机构模型更适合。

我们的研究表明，尽管适应环境的持续存在，视觉对比度适应性在大约一天后达到高峰，然后下降。这个限制，在两个独立的实验中被观察到，认为大脑皮层对由于神经适应而产生的代价是敏感的。长期适应所涉及的较慢进程似乎能够克服这些成本。在视觉皮层，适应的代价和已知好处之间的平衡可能决定了神经可塑性的数量、类型和位置。这个原则可能适用于整个大脑。

个人评述

这篇文章主要讲了感觉系统有能力调整其功能，以适应环境的变化。但大脑在维持这种适应性的方面却存在着局限性。前面的外观判断和方向判断实验设计和数据的分析比较平常，应该是属于大多数人都能做到的水平。最出彩的部分应该是后续讨论中，将整个过程分为快过程和慢过程两个部分，分来建模；将复杂的问题变得更加简单、清晰。