

## 第一章：因果效应的定义

通过阅读本书，您表示有兴趣学习因果推理。但是，作为一个人，您已经掌握了因果推理的基本概念。您当然知道什么是因果关系；您清楚地了解关联和因果关系之间的区别；并且您一生中都在不断使用这些知识。实际上，如果您不理解这些因果概念，那么您将无法生存足够长的时间来阅读本章，甚至无法学会阅读。作为一个蹒跚学步的孩子，观察到这样做的人后来能够达到果酱罐后，您将立即跳进游泳池。十几岁的时候，您观察到在最危险的斜坡上滑雪很有可能赢得下一场比赛的人，你也开始在最危险的斜坡上滑雪。作为父母，您观察到那些服用药物的孩子第二天不太可能在公园玩耍之后，拒绝给生病的孩子服用该药物。

由于您已经了解了因果关系的定义以及关联与因果关系之间的区别，因此不要期望从这一章获得深入的概念见解。相反，本章的目的是介绍数学符号，以形式化您已经拥有的因果直觉。确保您可以将因果直觉与此处介绍的数学符号匹配。该符号对于精确定义因果概念是必要的，我们将在整本书中使用它。

### 1.1 个体因果效应

宙斯是一个等待心脏移植的病人。1月1日，他做了心脏移植手术，获得了新的心脏。五天后，他去世了。想象一下，通过某种神圣的启示，我们可以某种方式知道，如果宙斯在1月1日没有接受心脏移植手术，那么他将在5天后还活着。掌握了这些信息后，大多数人会同意移植手术导致宙斯死亡。心脏移植手术对宙斯的五天生存率具有因果关系。

另一位患者赫拉也在1月1日接受了心脏移植。五天后她还活着。想象一下，我们可以以某种方式知道，如果赫拉在1月1日没有得到心脏的帮助，她将在5天后还活着。因此，移植对Hera的五天生存期没有因果关系。

这两个小故事说明了人们对因果效应的推理方式：我们比较（通常仅在心理上）采取行动A时的结果与拒绝行动A时的结果。如果两个结果不同，我们就说行动A对结果具有因果关系，无论是因果关系还是预防作用。否则，我们说动作A对结果没有因果关系。流行病学家，统计学家，经济学家和其他社会科学家经常将行动A称为干预，暴露或治疗。

为了使因果直觉适合数学和统计分析，我们将引入一些符号。考虑二分治疗变量A（1：已治疗，0：未治疗）和二分结果变量Y（1：死亡，0：存活）。在本书中，我们定义诸如A和Y的变量为随机变量。随机变量对于不同的个体可能具有不同的值。令 $Y^{a=1}$ （在治疗 $a=1$ 时读取Y）是在治疗值 $a=1$ 下应观察到的结果变量，而 $Y^{a=0}$ （在治疗 $a=0$ 时读取Y）是在治疗值 $a=0$ 下应观察到的结果变量。 $Y^{a=1}$ 和 $Y^{a=0}$ 也是随机变量。宙斯的情况是 $Y^{a=1}=1$ 和 $Y^{a=0}=0$ 因为他在接受治疗时就死了，但是如果不接受治疗就可以幸存。而赫拉的情况是 $Y^{a=1}=0$ 和 $Y^{a=0}=0$ ，因为她在接受治疗后可以存活，而在未经治疗的情况下也可以存活。

我们可以将个体因果效应定义为：如果个体的治疗结果 $Y^{a=1} \neq Y^{a=0}$ ，则治疗A对个体的结果Y具有因果效应。因此，治疗对宙斯的结果具有因果效应，因为 $Y^{a=1} \neq Y^{a=0}$ 。而对赫拉的结果则无因果效应因为 $Y^{a=1} = Y^{a=0}$ 。变量 $Y^{a=1}$ 和 $Y^{a=0}$ 被称为潜在结果或反事实结果。一些作者更喜欢“潜在结果”一词，以强调结果是依据所接受的治疗，可以潜在地观察到这两个结果中的任何一个。其他作者更喜欢“反事实结果”一词，以强调这些结果代表的是可能不会实际发生的情况（即与事实情况相反）。

对于每个人而言，反事实结果之一（与该人实际接受的治疗价值相对应）实际上是事实。例如，由于宙斯已得到实际治疗（ $A=1$ ），因此他的治疗下反事实结果是 $Y^{a=1} = 1$ 等于他的观察到的（实际）结果 $Y=1$ 。也就是说，个体的治疗 $A=a$ 的情况下，观察到的结果等于反事实结果。