只看到 PDCD1 升高，能给 CD8 T 细胞贴上“耗竭”标签吗?

固定 CD8 谱系和独立供者，用互不重叠的激活、杀伤和持续刺激相关面板逐条码比较，检查同样的 PDCD1 阳性比例为何能对应不同状态。



运行教学示例

Python 3.10 或以上和 requirements.txt。无需联网，示例按四位模拟供者配对。

```
python run.py --input example --out results
```

在解压后的资料包根目录运行。example 是教学输入，results 保存本次输出，expected 保存可供核对的参考结果。

输入字段

cd8_counts.tsv 160 颗已确认 CD8 大类的教学条码，各自的供者、样本环境、库深度和原始标记计数。

settings.json 不含 PDCD1 且互不重叠的三套程序、每组最低证据数及单基因计数门槛。

核对输出，再换自己的数据

cell_programs.tsv、donor_programs.tsv 逐条码的三组程序、原始 PDCD1 和逐供者两种环境的分子分母。

cytotoxic_overlap.tsv、programs_by_donor.png 杀伤程序与其他类别的交叉计数、所有供者的配对图。

用示例验算

1 四位供者每人每环境均有 20 个条码，其中 12 个 PDCD1 阳性。

2 短时刺激阳性者中 48/48 有早期面板；肿瘤阳性者 39/48 有持续程序、9/48 有早期程序。

3 第四位供者在肿瘤环境仅 3/12 具有持续程序；肿瘤全组 39 个持续程序候选中 26 个也有杀伤面板。

换用真实数据

先固定可信的 CD8 谱系，再把急性激活、杀伤及慢性刺激相关程序分开计算，在同一供者中看不同样本环境，按独立供者汇总。

该示例仅检验转录证据。横断面不能证明持续时间、抗原特异性、可逆性或实际杀伤能力，需匹配的独立功能测量。

方法资料

PD-1 在急性效应 T 细胞分化中的研究

TOX 与肿瘤特异性 T 细胞的原始实验