

脑部MRI分析大模型研究

武汉大学
计算机学院

2025.10.6

目录

01 实验设计

02 数据集

03 模型架构

核心研究目标

- ◆ **数据获取匮乏：受限患者隐私与标注成本，传统方法依赖大量图像-标注监督训练**
- ◆ **诊断效率低：医生解读MRI序列耗时，紧急场景难以快速决策**
- ◆ **临床交互弱：模型局限单一任务，缺乏报告生成、医患对话等**
- ◆ **模型统一差：诊断与报告需全局特征，分割分类与预后需局部特征**
- ◆ **临床实用性差：未通过严格临床验证，无法融入真实诊疗流程**

模型开发（预训练）

1. MRI编码器自监督学习
2. 视觉-语言联合训练
3. 下游任务的适配器训练

全场景验证（多中心）

1. 技术效能验证-回顾性
2. 临床效能验证-前瞻性
3. 临床价值验证-对照

多中心整合，标准化处理，语义关联标注

图像编码器预训练阶段：

- ◆ 患者数：6.3万例患者，涵盖不同性格、不同年龄段
- ◆ MRI影像库：超1100万张多序列MRI影像，包含T1，T2，DWI等
- ◆ 疾病覆盖：正常、肿瘤等
- ◆ 训练：验证划分 = 8:2
- ◆ 影像处理：统一Resize 256×256，像素至[0,255]，排除伪影
- ◆ 数据增强：随机旋转、翻转、对比度等调整

多中心整合，标准化处理，语义关联标注

视觉-语言联合训练阶段：

- ◆ 图像-文本对：2万条图像-报告匹配对，学习专业术语
- ◆ 多任务指令：8万条指令-响应对，包含报告生成、病情解释等
- ◆ 疾病覆盖：脑肿瘤、感染、脑血管、脑外伤、脑畸形、内分泌等
- ◆ 训练：验证划分 = 8:2
- ◆ 文本处理：影像报告进行结构化解析，提取疾病类型、病变位置、描述等关键信息

多中心整合，标准化处理，语义关联标注

下游多任务训练阶段：

- ◆ 患者数：2500例患者
- ◆ 分类与分割：超1.5万张MRI图片—病灶标注与疾病类型匹配对
- ◆ 报告生成：2500份报告，包含诊断意见、影像所见
- ◆ 多轮对话：1万条指令-响应对
- ◆ 疾病覆盖：脑肿瘤、感染、脑血管、脑外伤、脑畸形、内分泌、海马硬化等
- ◆ 训练：验证划分 = 7:3

模型架构

□ 第一阶段：MRI图像编码器预训练，自监督的医学知识学习

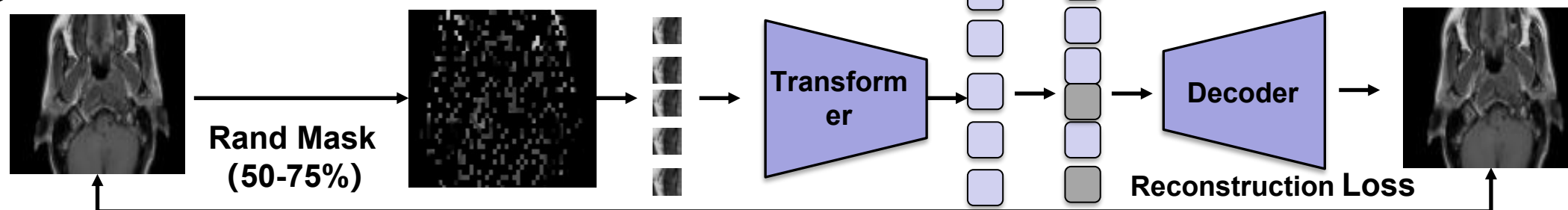
◆ 模型 (Transformer--全局 + ConvNext--细节)

◆ 数据增强--旋转、翻转、对比度调整 (提升鲁棒性)

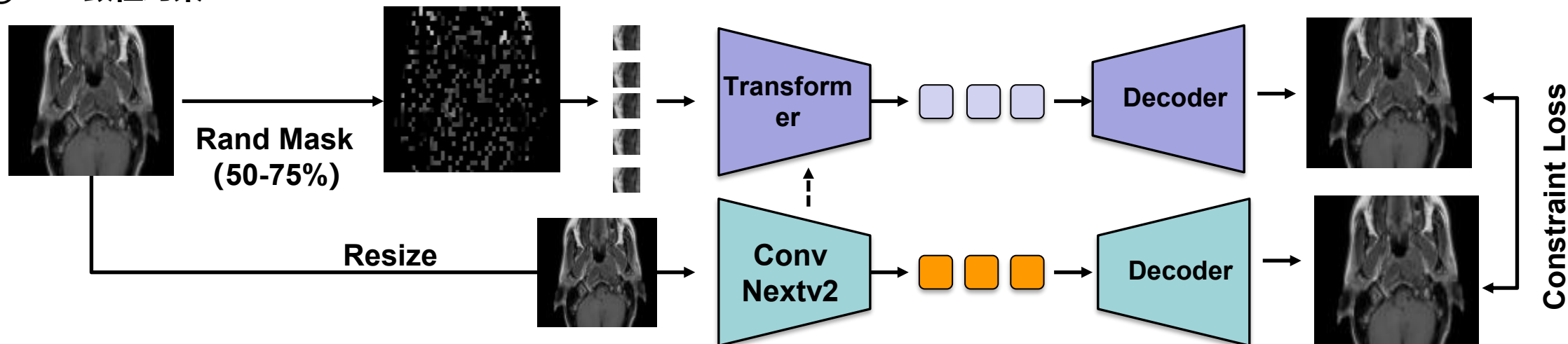
◆ 策略--自监督掩码50-75% (重建与一致性对比损失)

◆ 训练：验证 = 8: 2; 评价标准 (SSIM、PSNR)

① Masked重建



② 一致性约束



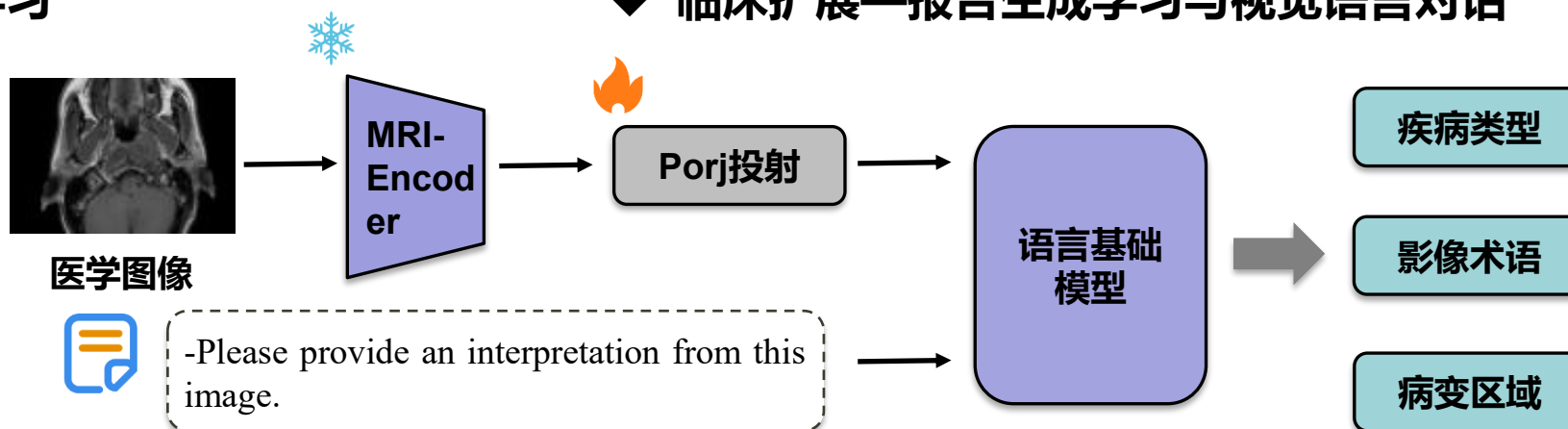
模型架构

□ 第二阶段：视觉-语言联合训练，图像-文本语义对齐

- ◆ 提取报告中的结构化信息，学习专属术语
- ◆ 指令Finetune，多任务学习
- ◆ 对齐机制与对比学习，最大化图像-文本匹配对
- ◆ 临床扩展—报告生成学习与视觉语言对话

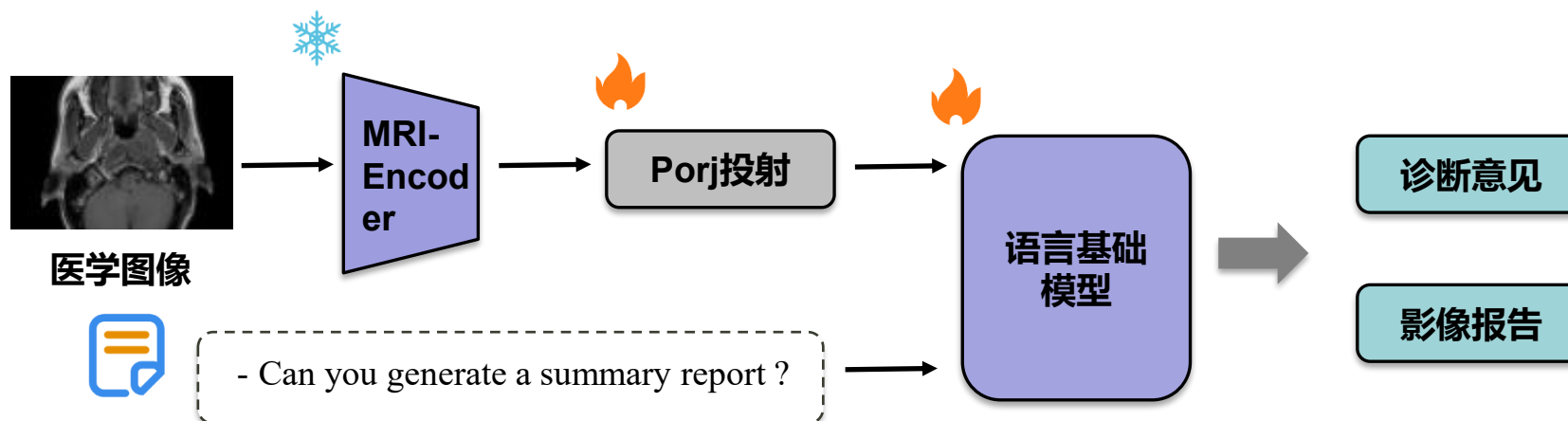
① 对齐学习

- ◆ 使用图像-文本对预训练
- ◆ 冻结视觉编码器和语言模型，训练投射层



② 指令学习

- ◆ 冻结视觉编码器，训练投射层和语言模型



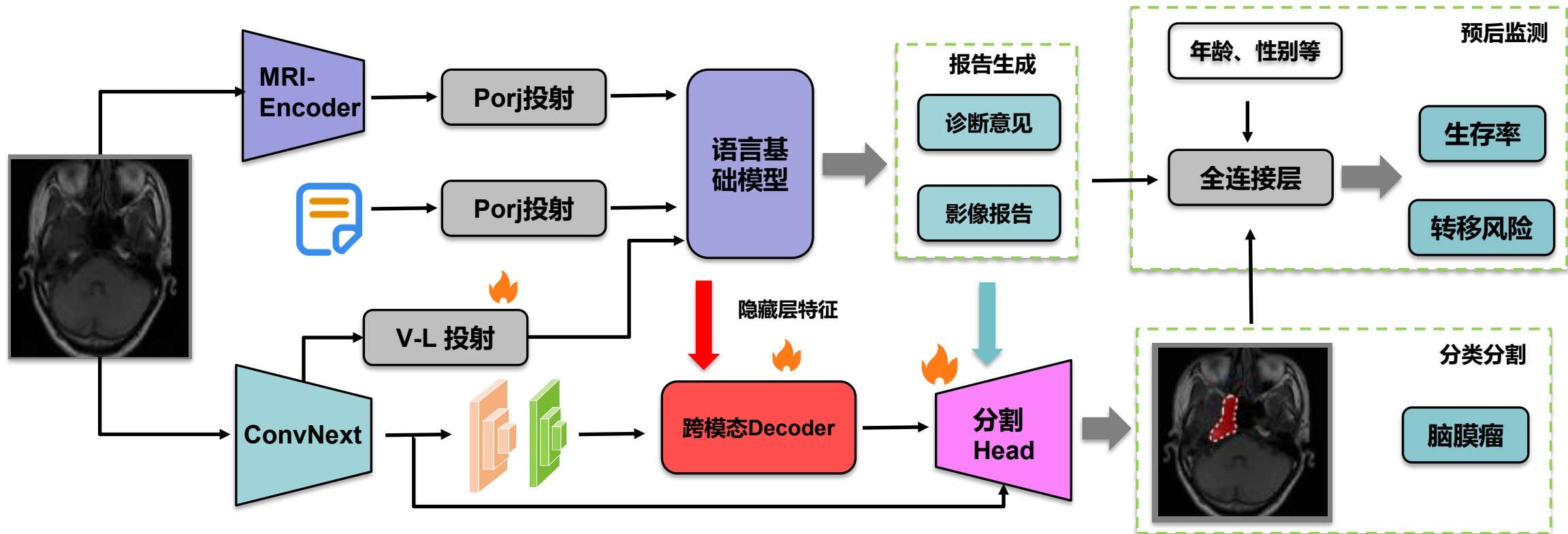
模型架构

10

□ 第三阶段：下游任务的适配器训练

- ◆ 分割：图像编码器 + 分割Head
- ◆ 分类：图像编码器 + 多层感知机

- ◆ 报告生成与对话：图像编码器 + 语言模型
- ◆ 转移与预后：图像编码器 + 临床变量



多阶段递进式，技术性能--医生辅助--患者获益的评估体系

□ 技术效能验证

- ◆ 核心多任务评测（基础+临床）
- ◆ 小样本学习稀缺场景（10-50%标注数据）
- ◆ 零样本分类（罕见病）
- ◆ 跨中心、跨任务泛化(迁移能力)
- ◆ 可解释--Grad CAM提示病变区域

◆ 核心多任务评测

- ① 病种分类--筛查
- ② 病灶分割--定位
- ③ 病情分级--评估
- ④ 报告生成--诊断
- ⑤ 问题对话--人机
- ⑥ 患者预后--监测

多阶段递进式，技术性能--医生辅助--患者获益的评估体系

□ 临床效能验证（模型对医生的辅助）

- ◆ 医生（资深+医师） VS 模型
- ◆ 不同水平（低/中/高资质）医生 **有** VS **无** 模型辅助
- ◆ 不同级别医院的验证 **基层**（资源受限） VS **三甲**
- ◆ 在模型辅助下 全科 VS 脑科医生

□ 临床价值验证（模型对患者预后，提供临床决策）

- ① 转移风险的预测
- ② 生存期的预测
- ◆ （资深/初级）医生 + 模型（干预组）
- ◆ 医生单独（对照组）