## 整体技术路线建议

### ✅ 多任务学习框架

Shared Backbone + Task-specific Heads

使用一个共享的图像特征提取器（如 ResNet、Swin Transformer），接上每个任务自己的分支。

可使用 MMOE（Multi-gate Mixture-of-Experts）或 Cross-stitch Network 等结构提升任务间建模效果。

自监督预训练（如 SimCLR, MAE） 在 MRI 数据量有限时可能提高下游表现。

### ✅ 多模态图像建模

将矢状位（Sagittal）+ 横轴位（Axial）图像作为多模态输入处理：

拼接成 2 通道输入

或分别送入 CNN/RNN，再进行特征融合（Concat/Add/Attention）

尝试Vision Transformer 多模态融合架构（如 Co-Attention）

### ✅ 类别不均衡问题处理

采用 Focal Loss / Class-balanced Loss

Oversampling 少数类 or 使用数据增强合成样本

## 任务分解与方法建议

### 任务1：颈椎曲度评估（图像整体分类）

本质上是对整个颈椎影像做姿态判断

**方法建议：**

矢状位图像整体输入，使用 CNN/ViT 提取全局结构特征

可以尝试回归法拟合颈椎中心线曲线，再由角度特征分类

将椎体边界框中心点拟合成曲线（多项式拟合、样条插值等）

特征如最大/最小曲率、倾角等作为 MLP 输入

### 任务2：颈椎顺列评估（排列是否齐整）

可视为判断“椎体是否在一条直线上”

**方法建议：**

基于任务 5（椎体定位）得到椎体中心点坐标后

计算各点拟合直线的残差，统计特征后用于分类

或使用 Transformer 编码椎体序列

图像整体特征+辅助几何特征进行融合判断

### 任务3：椎间盘膨突评估（5 个点，局部分类）

每个椎间盘独立评估，结合矢状+横轴位图像

**方法建议：**

从定位信息中 crop 局部 patch，输入 CNN 或 patch-based Transformer

每个 patch 分类为四类（正常/膨出/突出/脱出）

多帧图像平均或 voting

### 任务4：中央椎管评估（11 个点，多类局部分类）

与任务3类似，但更加细粒度

**方法建议：**

patch 级别处理（建议配合横轴图像更直观）

横轴图像是评估椎管狭窄的重要视角

可以尝试使用医学领域已有的 segmentation 模型（如 U-Net、nnU-Net）先 segment 出椎管区域，再做狭窄等级判断

### 任务5：椎体定位识别（辅助任务）

非强制，但能大幅提升任务1-4效果

**方法建议：**

检测模型（YOLOv8、Faster R-CNN）在矢状图像上标出 C2–C7 的椎体

也可尝试回归每个椎体的中心点位置（如 Heatmap regression）

## 工具和模型建议

### 模块 推荐工具或模型

图像处理 SimpleITK / nibabel（医学图像格式）

图像增强 Albumentations, MONAI

检测模型 YOLOv8, Faster R-CNN, DETR

多任务模型 MMOE, Cross-Stitch, ResNet+Heads

医学大模型 MedM-VL-2D-3B-en, BioViL, CLIP-Med

评估工具 sklearn, torchmetrics

## 多模态大模型

✅ 方式一：Zero-shot / Few-shot 推理

使用预训练好的多模态大模型（如 MedM-VL），直接输入图像 + prompt

✅ 方式二：Prompt-tuned 多任务模型

每个任务设计不同的 Prompt 模板，使用少量标注数据训练输出 head：

输入图像 + Prompt → Transformer 编码 → 分类 head（每个任务一个 head 或共享）

✅ 方式三：特征提取器 + 轻量分类器微调

用多模态大模型作为 Encoder 提取图文融合特征（可冻结或微调）

接 MLP/Transformer 模块分别处理任务1~4

✅ 方式四：多模态大模型+检索增强生成（RAG）

利用RAG检索出相关医学知识/病例/解剖结构作为文本上下文，联合MRI图像输入多模态大模型，从而实现更精确的任务分类与诊断推理

比如，我们可以给出不同图像相似度的结果同时作为输入，让大模型综合判断结果

以及搜索相关医学指南，让大模型检索作为输入

✅ 方式五：多模态大模型+ agent 架构

将医学图像诊断任务工作流（workflow）拆分成子任务，然后通过智能体一步步执行，最终完成颈椎MRI分析的复杂任务