

中国科学院大学2025年研究生学术论坛 人工智能分论坛

VasoMIM: 面向血管分割的 解剖感知掩码图像建模

汇报人: 黄德兴

年 级: 2022级直博生

导 师: 侯增广 研究员



中国科学院大学 人工智能学院
中国科学院自动化研究所 医疗机器人团队



汇报提纲

CONTENTS

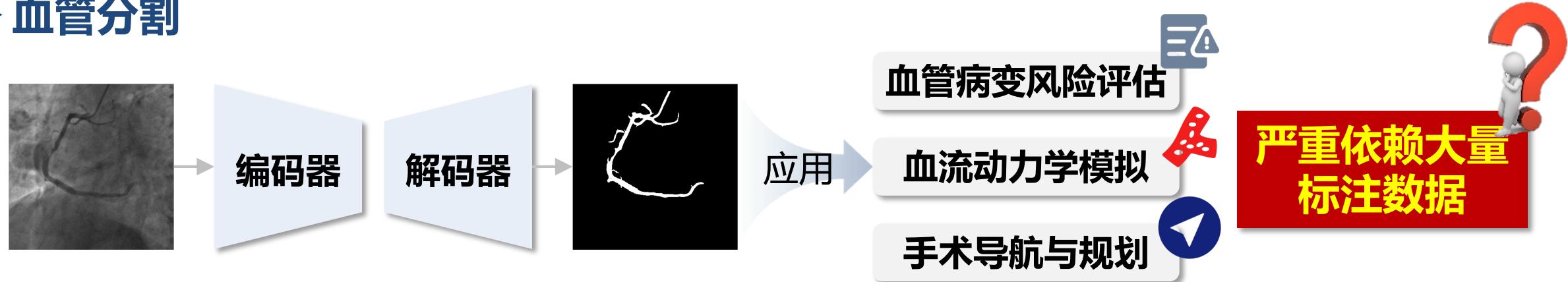
01 研究背景

02 本文方法

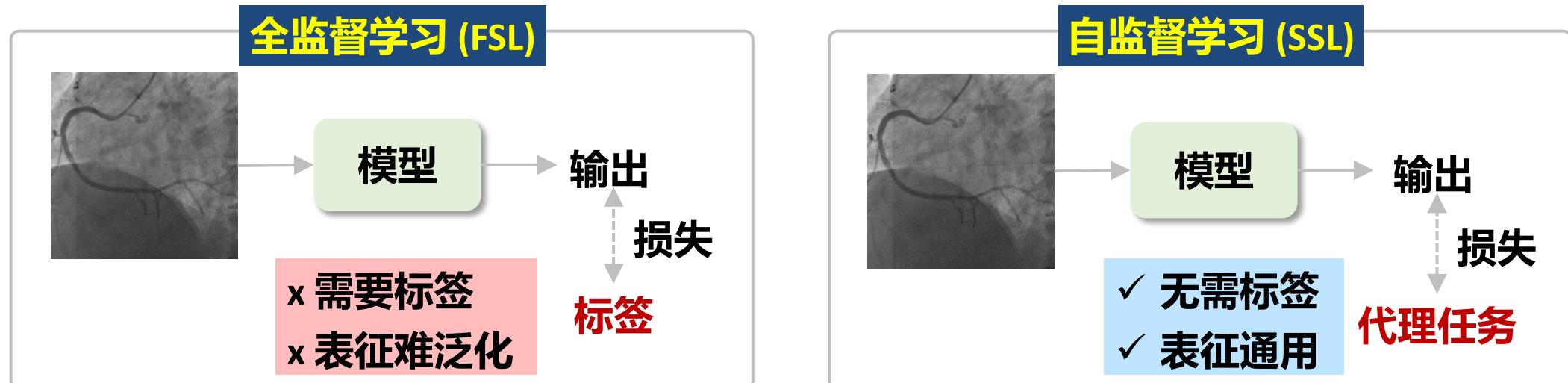
03 实验结果

研究背景: 自监督学习

➤ 血管分割



如何有效对模型进行预训练? (FSL vs. SSL)



研究背景: 现状与挑战

- 挑战1: 先进的预训练方法
- 挑战2: 大规模数据集

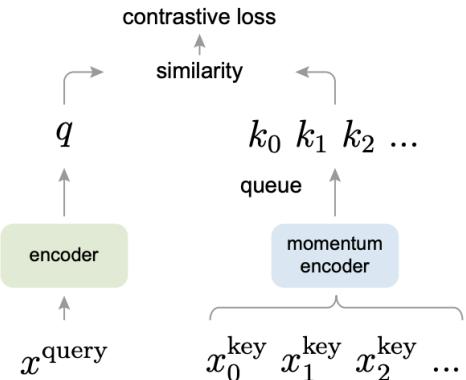
SSL在血管造影图像领域的应用存在挑战

研究背景: 现状与挑战

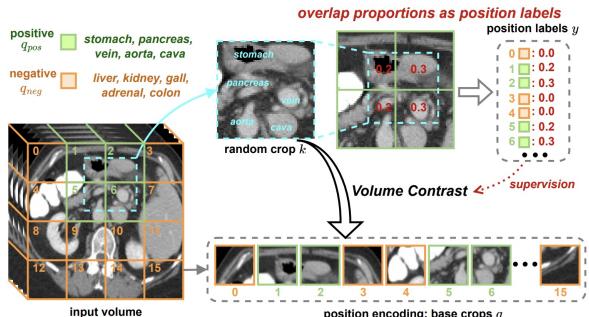
➤ 挑战1: 先进的预训练方法

➤ 挑战2: 大规模数据集

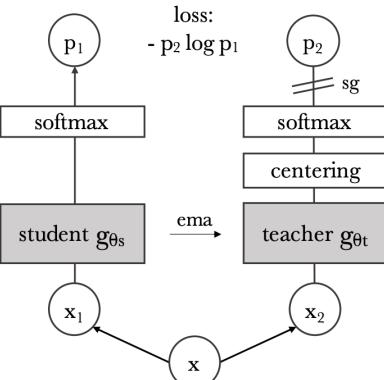
基于对比学习



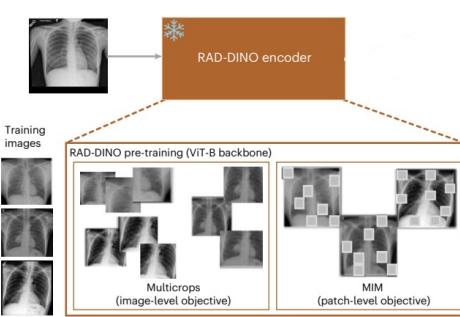
CVPR 19 & ICCV 21
基于正负样本对 (MoCo)



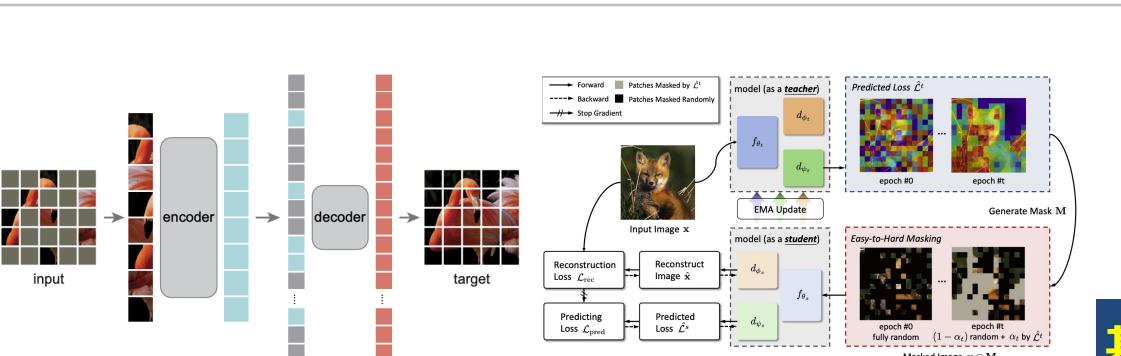
CVPR 24 & IEEE TPAMI 25
基于上下文位置预测 (VoCo)



ICCV 21 & TMLR 24 & arXiv 25
基于特征自蒸馏 (DINO)

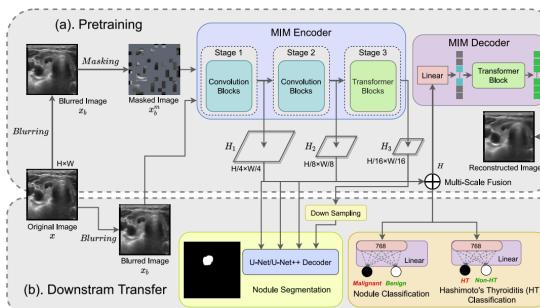


Nat. Mach. Intell. 25
大规模胸片数据 (Rad-DINO)

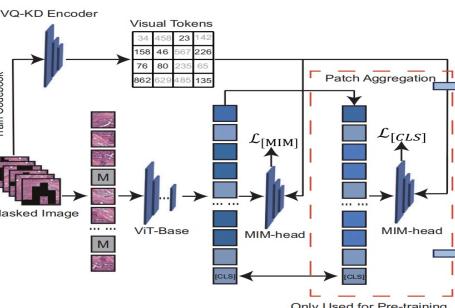


CVPR 22
随机patch采样 (MAE)

CVPR 23 & IEEE TPAMI 25
困难patch挖掘 (HPM)



Media 24
基于多任务去噪 (DeblurringMIM)

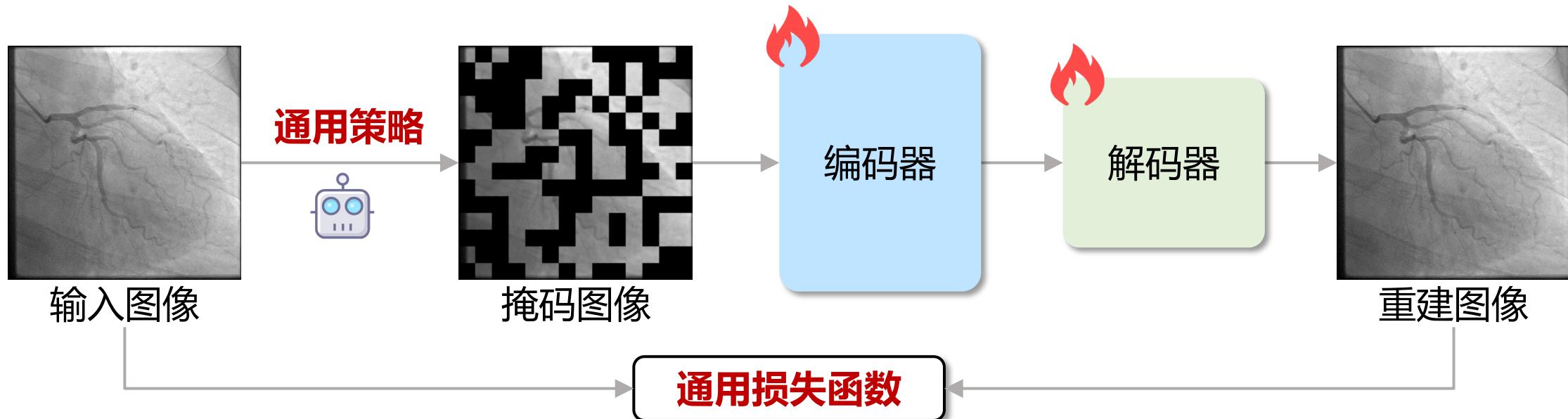


Nat. Commun. 25
大规模病理图像 (BEPH)

基于掩码图像建模

研究背景: 现状与挑战

- 挑战1: 先进的预训练方法
- 挑战2: 大规模数据集

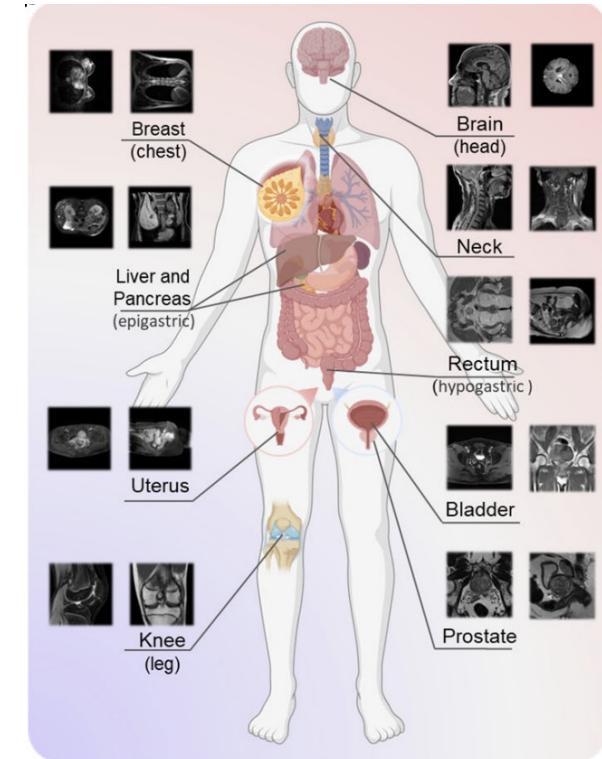
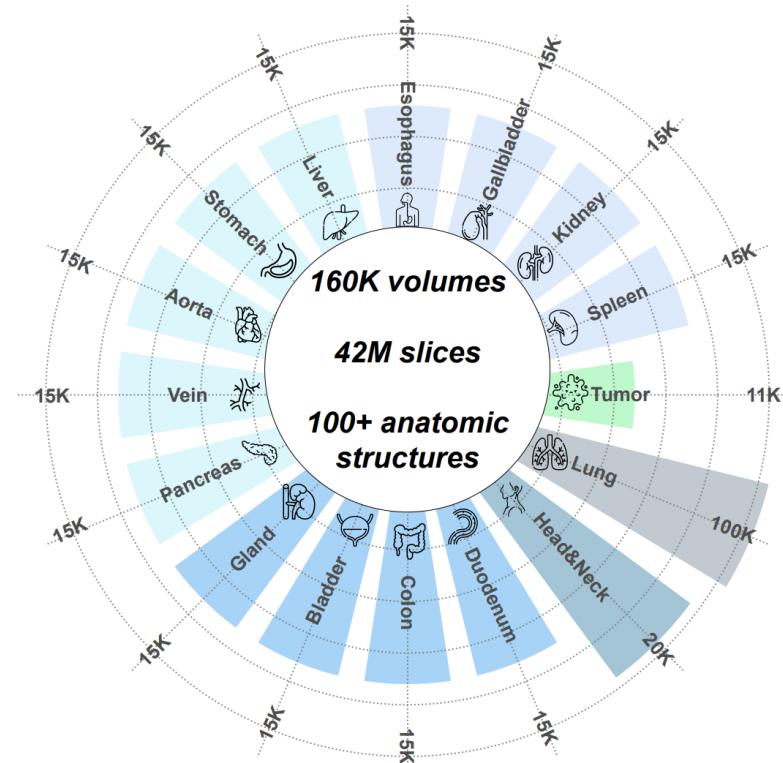
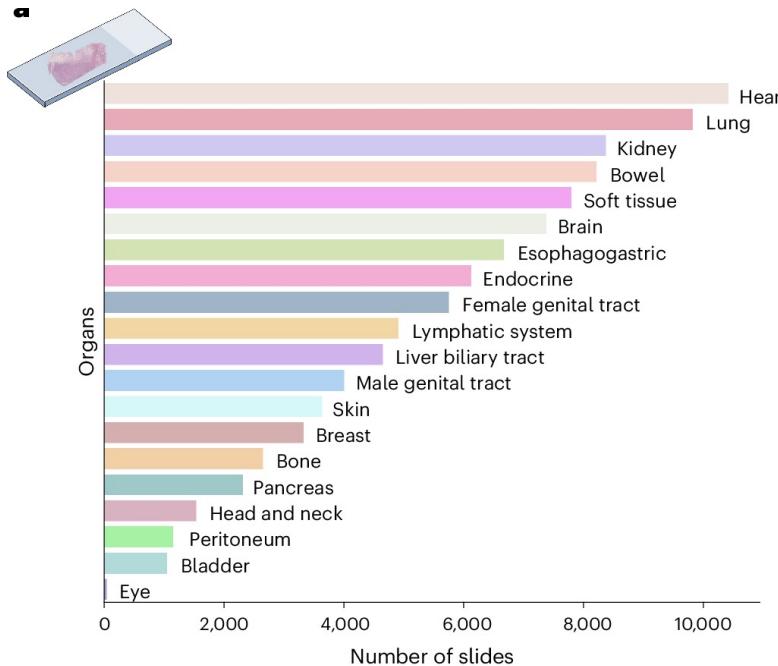


冠脉造影图像中**血管与背景像素极度不均匀**导致现有MIM方法表现不佳, 具体体现在:

- (1) Patch采样: **通用策略**无法在采样时关注含血管的patch
- (2) 重建目标: **通用损失函数**目标无法学习血管语义

研究背景: 现状与挑战

- 挑战1: 先进的预训练方法
- 挑战2: 大规模数据集



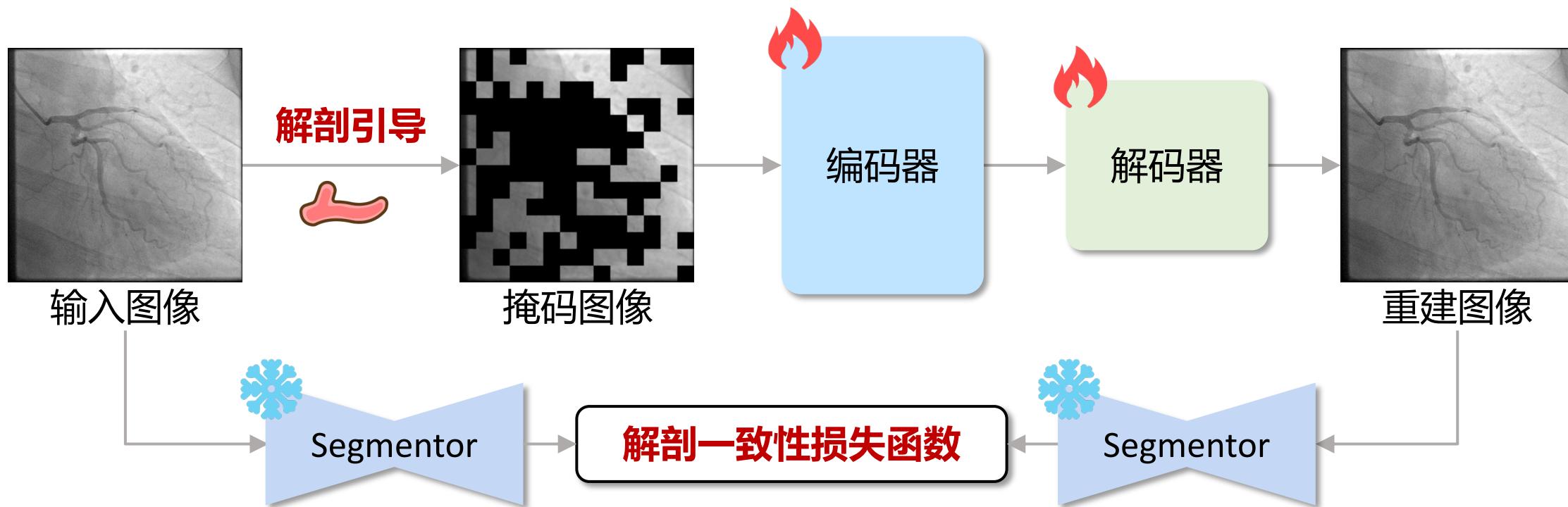
MASS-100K (病理图像)
Nature Medicine 25

PreCT-160K (CT)
IEEE TPAMI 25

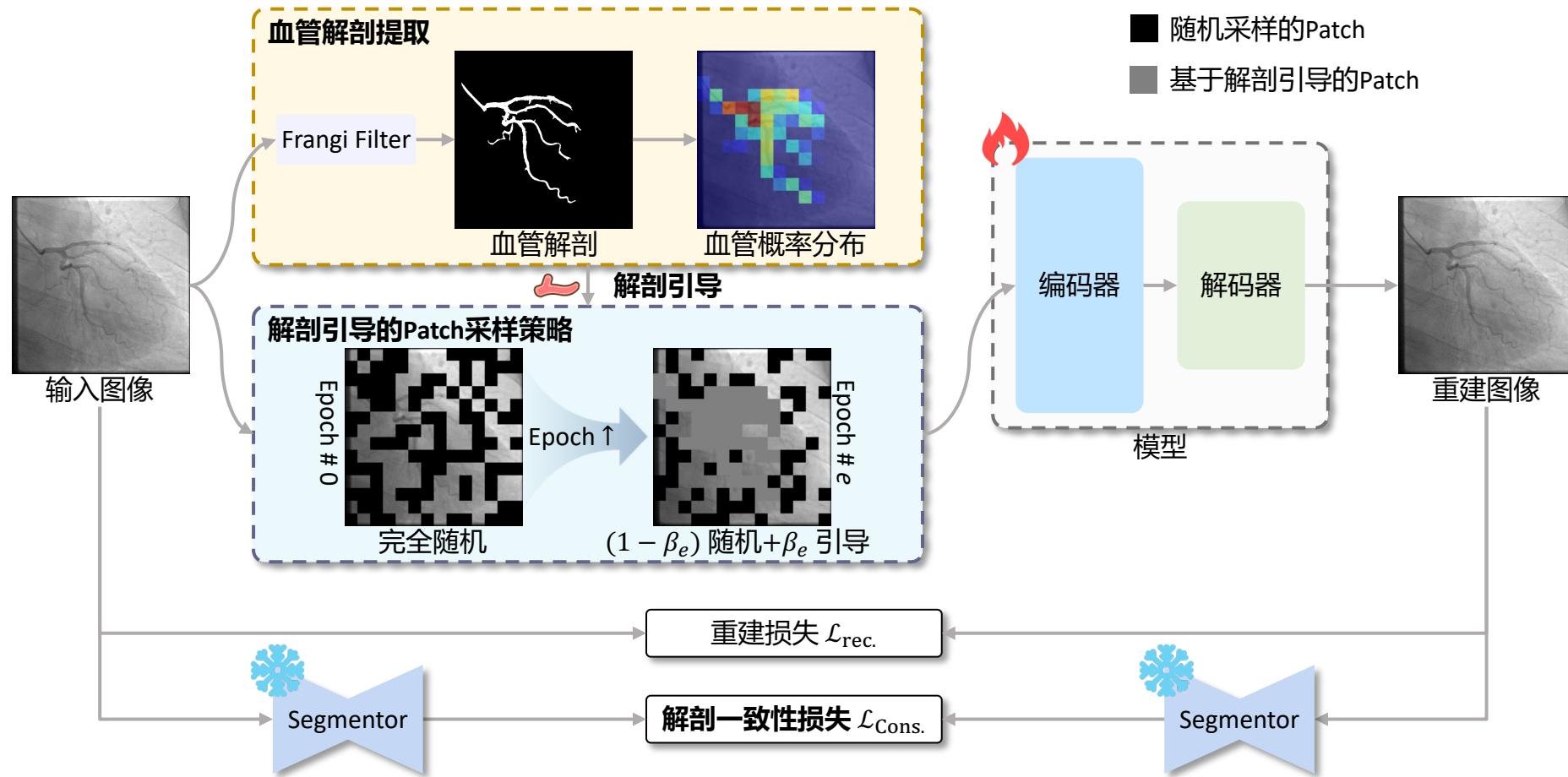
PRISM-340K (MRI)
arXiv 25

研究背景: 解决方案

- 方法: 针对血管造影图像设计的自监督预训练模型 VasoMIM
- 数据: 基于公开数据集搜集并构建了含20K张图像的预训练数据集 XA-20K => XA-170K*



本文方法: 总体框架

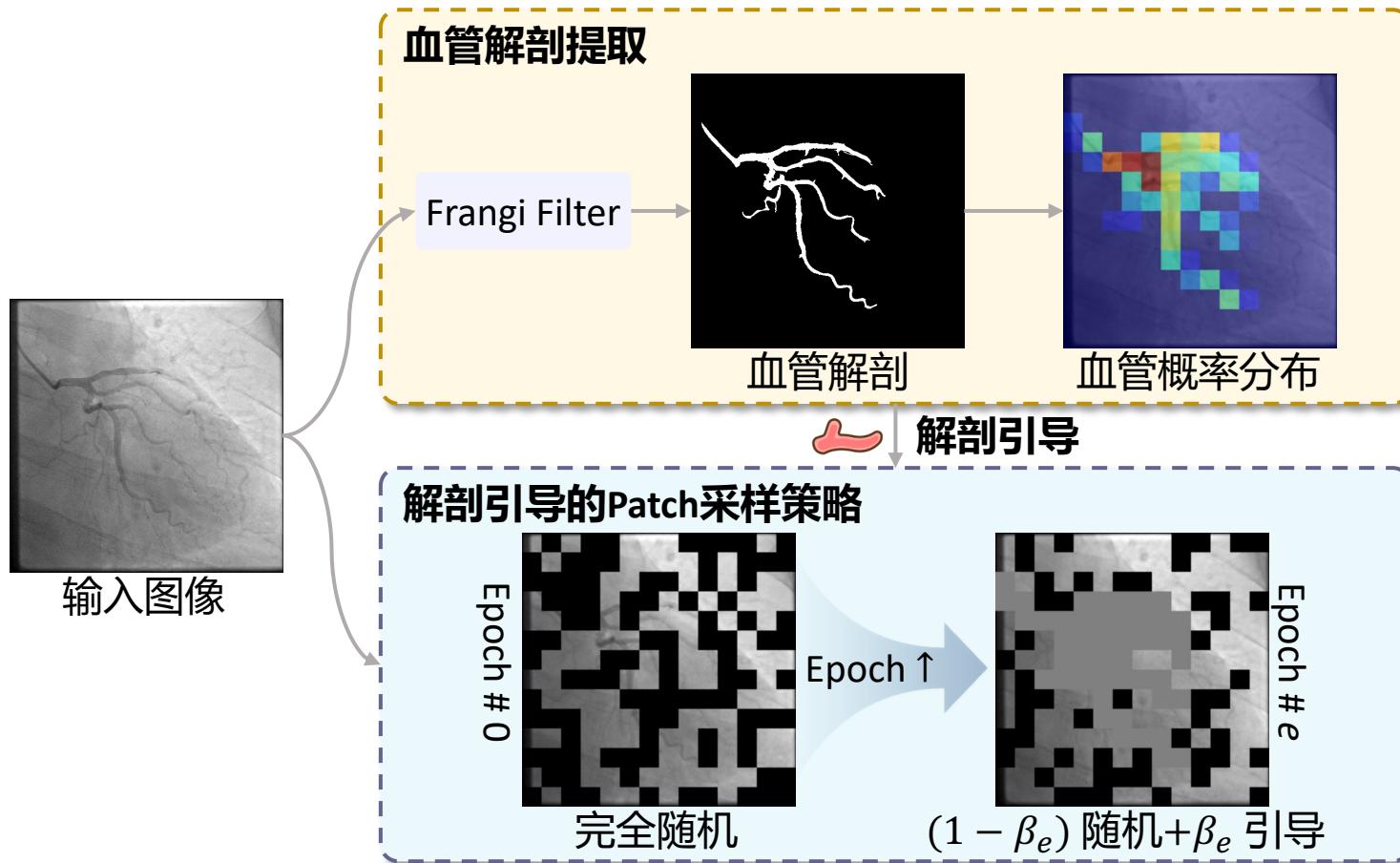


提出基于解剖引导的Patch采样策略与解剖一致性损失函数解决上述问题:

- (1) **Anatomy-Guided Masking Strategy:** 采样更加关注血管patch
- (2) **Anatomical Consistency Loss:** 增强血管表征的判别性

本文方法: 采样策略

➤ Anatomy-Guided Masking Strategy: 采样关注血管patch



基于Patch的血管概率分布

$$f(p_i) = \frac{\sum_{j=1}^{P^2} \mathbb{I}(m_{ij} = 1)}{\sum_{i,j=1}^{N,P^2} \mathbb{I}(m_{ij} = 1)}$$

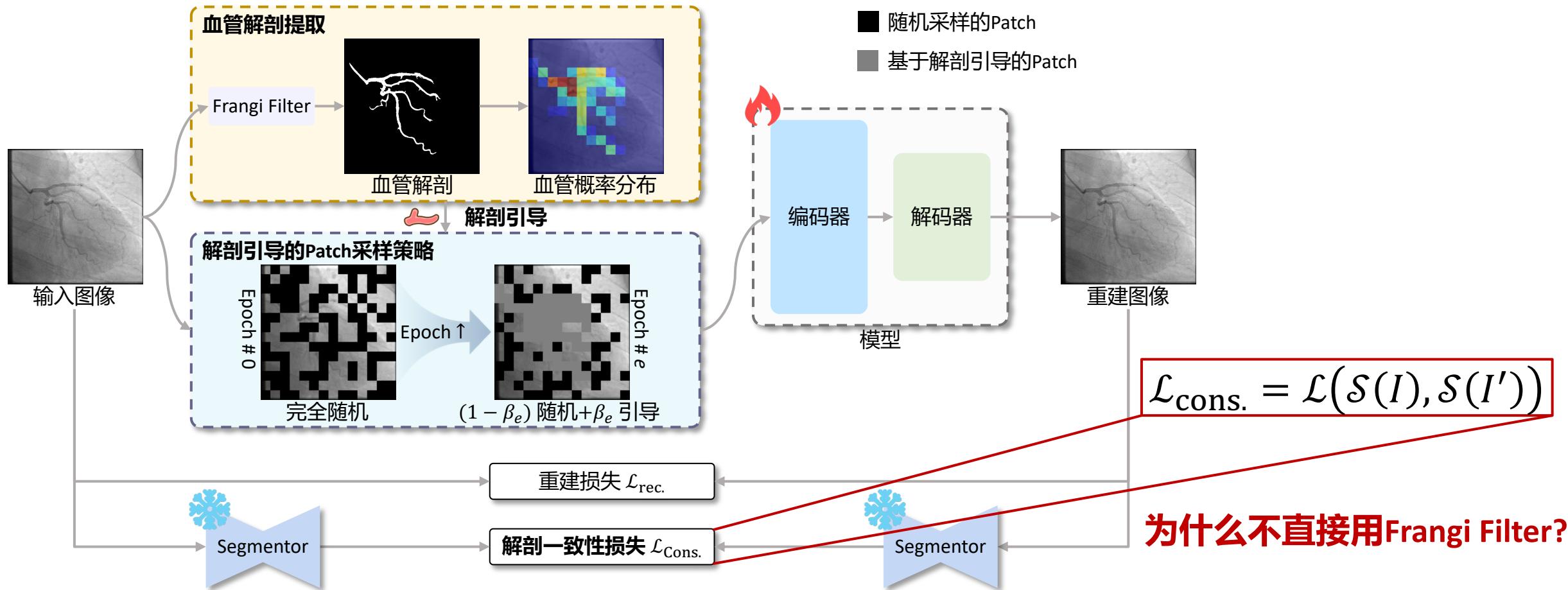
Weak2Strong的采样机制

$$\beta_e = \beta_0 + \frac{e}{E} (\beta_E - \beta_0)$$

$$\beta_0 = 0, \beta_E = 0.5$$

本文方法: 损失函数

➤ Anatomical Consistency Loss: 增强血管表征的判别性



实验结果: 与现有SSL方法对比

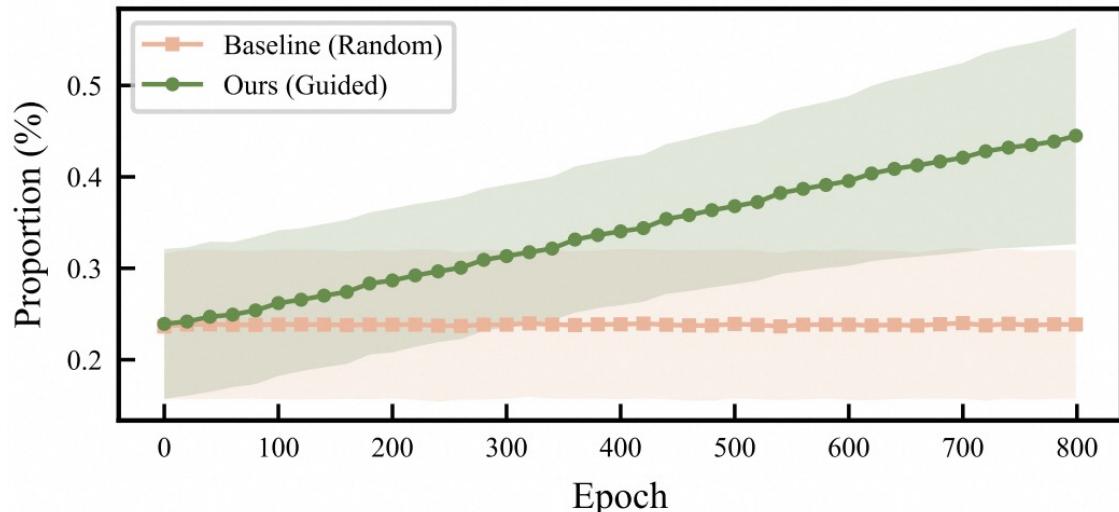
Method	ARCADE		CAXF		XCAV	
	DSC (%)	clDice (%)	DSC (%)	clDice (%)	DSC (%)	clDice (%)
<i>Traditional</i>						
Frangi Filter (Frangi et al. 1998)	41.30	40.91	64.01	65.73	58.46	57.15
<i>From Scratch</i>						
U-Net (Ronneberger et al. 2015)	58.27 ± 1.33	59.70 ± 1.40	78.72 ± 0.74	82.68 ± 0.87	68.63 ± 2.80	63.47 ± 3.33
<i>Contrastive Learning</i>						
MoCo v3 (He et al. 2021)	68.85 ± 0.47	70.56 ± 0.36	84.49 ± 0.17	88.33 ± 0.09	77.52 ± 0.26	74.18 ± 0.34
相比 U-Net 分别提升 10.58%, 5.77% 和 8.89% 的DSC						
DINO (Caron et al. 2021)	68.85 ± 0.47	70.56 ± 0.36	84.49 ± 0.17	88.33 ± 0.09	77.52 ± 0.26	74.18 ± 0.34
<i>Masked Image Modeling</i>						
MAE (He et al. 2022)	68.17 ± 0.29	69.89 ± 0.22	83.53 ± 0.14	87.37 ± 0.21	76.43 ± 0.17	72.58 ± 0.49
SimMIM (Xie et al. 2022)	66.92 ± 0.43	68.93 ± 0.71	82.24 ± 0.34	85.77 ± 0.17	75.10 ± 0.36	69.98 ± 0.42
AMT (Liu, Gui, and Luo 2023)	68.15 ± 0.23	69.77 ± 0.38	83.47 ± 0.09	87.40 ± 0.04	76.51 ± 0.20	72.60 ± 0.44
DeblurringMIM [†] (Kang et al. 2024)	68.60 ± 0.44	70.21 ± 0.37	83.85 ± 0.09	87.78 ± 0.20	77.02 ± 0.08	73.58 ± 0.19
CrossMAE (Fu et al. 2025)	62.40 ± 0.33	64.23 ± 0.27	80.07 ± 0.13	83.45 ± 0.19	72.25 ± 0.24	65.94 ± 0.15
HPM (Wang et al. 2025)	66.82 ± 0.28	68.49 ± 0.41	82.61 ± 0.21	86.18 ± 0.10	75.48 ± 0.19	70.79 ± 0.26
CheXWorld [†] (Yue et al. 2025)	67.95 ± 0.26	70.31 ± 0.48	80.64 ± 0.31	82.65 ± 0.31	73.74 ± 0.24	67.13 ± 0.32
VasoMIM	68.85 ± 0.47	70.56 ± 0.36	84.49 ± 0.17	88.33 ± 0.09	77.52 ± 0.26	74.18 ± 0.34

实验结果: 消融实验

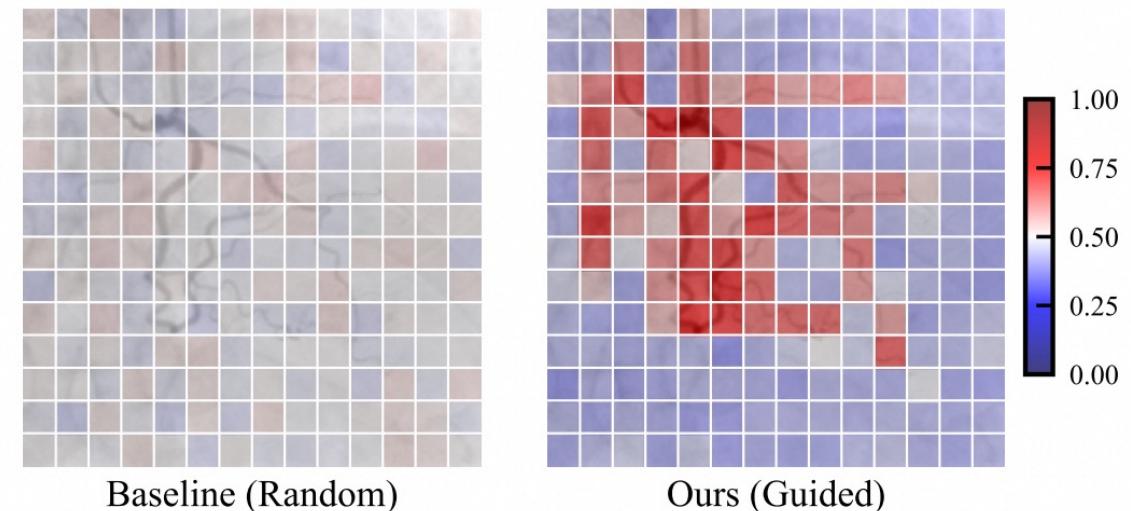
Guidance	$\mathcal{L}_{\text{cons.}}$	ARCADE	CAXF
—	—	68.00	83.15
—	✓	68.45	84.03
✓	—	68.30	83.96
✓	✓	68.85	84.49

实验结果: 消融实验

问题1: 采样策略是否关注血管区域?



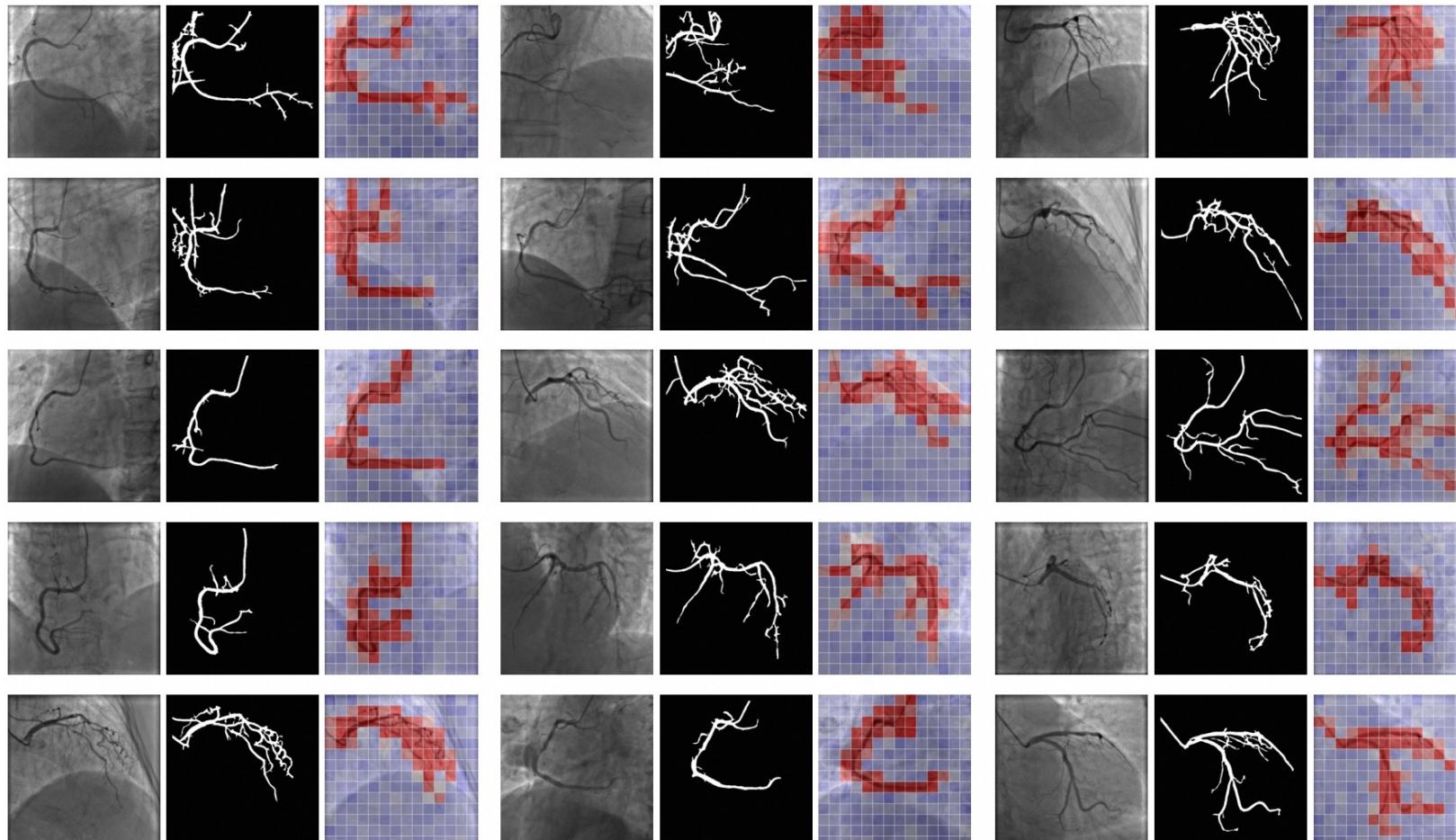
预训练期间被采样的Patch中包含血管的比例



预训练过程中每个Patch的采样频次

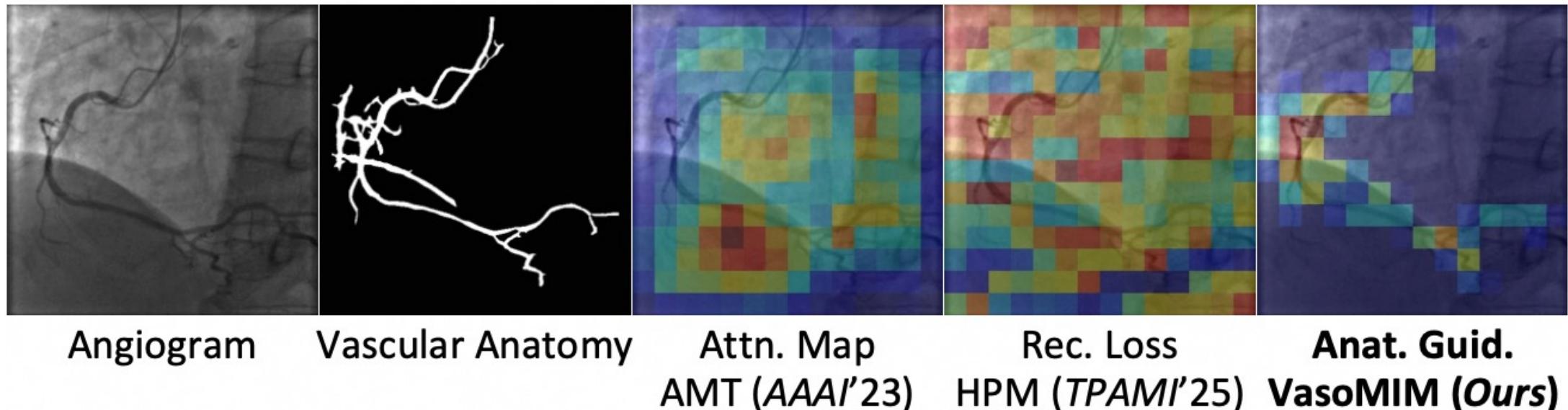
实验结果: 消融实验

问题1: 采样策略是否关注血管区域?



实验结果: 消融实验

问题1: 采样策略是否关注血管区域?



实验结果: 消融实验

问题2: 损失函数能否提升血管表征的判别性?

Setting	SS ($\times 10^{-2}$) \uparrow	CHI \uparrow	DBI \downarrow	聚类指标
$w/o \mathcal{L}_{\text{cons.}}$	-4.19	17.11	25.32	
$w/ \mathcal{L}_{\text{cons.}}$	0.54	607.24	4.03	

SS: Silhouette Score; CHI: Calinski-Harabasz Index; DBI: Davies-Bouldin Index.

中国科学院大学2025年研究生学术论坛 人工智能分论坛

谢谢大家！

敬请批评、指正！

汇报人: 黄德兴

年 级: 2022级直博生

导 师: 侯增广 研究员



中国科学院大学 人工智能学院
中国科学院自动化研究所 医疗机器人团队

