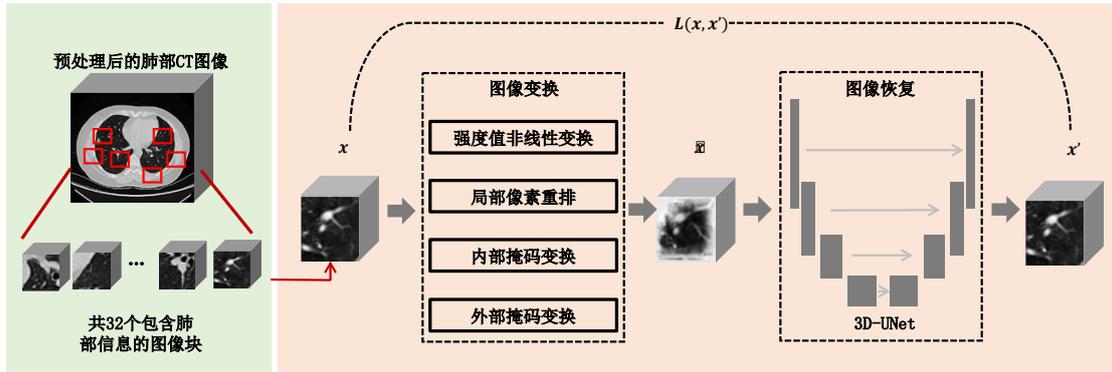


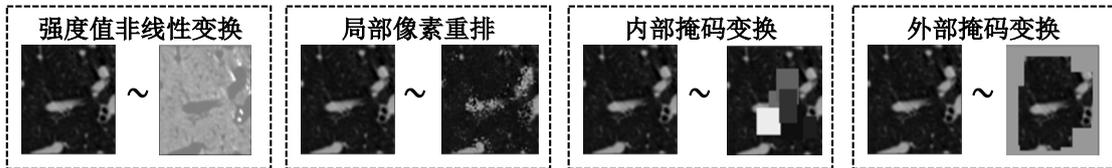
附件 1 自监督预训练流程图

Supplement 1 Overall process of self-supervised pre-training



附件 2 自监督预训练中的图像变换操作

Supplement 2 Image transformation operations in self-supervised pretraining



强度值非线性变换指使用三阶贝塞尔函数作为映射函数对输入图像块中每个体素的强度值进行变换。该函数的光滑单调性可以保持变换前后各个体素间的强度值相对大小关系一致，从而使图像块中解剖结构在变换前后保持一致。若网络能将发生图像强度值变换的解剖结构恢复如初，说明网络能够识别出该解剖结构的外观。

局部体素重排指在输入图像块内随机裁剪一系列的三维窗口后，对每一个窗口内的体素顺序都进行随机的重新排序。这种变换方式既可以丰富体素的局部变化，同时又不影响图像强度值的全局分布，因此网络能够将各窗口中打乱的体素恢复至初始排序时，便具有了解剖结构纹理与边缘细节的理解能力。

内部掩码变换和外部掩码变换指在图像块内选取随机数量的三维窗口并将其合并为具有复杂形状的单窗口后，分别对窗口的内部、外部区域进行随机掩码。该变换令网络利用图像掩码区域上下文的图像信息对掩码区域进行恢复，使网络学习到解剖结构的内部结构连续信息和外部几何形状信息。

附件 3 各训练环节的超参设置

Supplement 3 Hypercorrelation setup for each training session

在自监督预训练中，进行强度值非线性变换、局部像素重排、内部掩码变换和外部掩码变换的概率分别为 0.9、0.5、0.8、0.8，并且由于内、外部掩码变换的互斥性，设置该两种

变换不同时作用于输入图像。设置批大小为 6, 初始学习率为 1, 采用随机梯度下降(stochastic gradient descent, SGD) 优化器, 其中动量为 0.9, 同时在每 40 轮训练后将学习率减小 1/2。预训练最大迭代次数 1 000 轮, 最终当验证集的损失连续 50 轮不再降低时, 网络权重将用于后续多任务学习的初始化。

在多任务学习的训练中, 设置批大小为 16, 初始学习率为 $1e-3$, 采用 SGD 优化器, 其中动量为 0.9, 权重衰减率为 $1e-4$, 同时使用学习率指数衰减策略, 衰减率为 0.99。训练最大迭代次数 200 轮, 验证集上分割结果指标 (Dice) 与分类结果指标 (AUC) 之和最高的网络权重用于后续 RFS 预测。

在 RFS 预测的训练中, 设置批大小为整个训练集的样本数量, dropout 率为 0.4, 初始学习率为 $1e-4$, 采用自适应矩估计 (adaptive moment estimation, Adam) 优化器, 其权重衰减率为 $3e-4$ 。训练最大迭代次数 200 轮, 最终保存在验证集上 C-index 最高的网络权重进行测试。