2023年中国研究生数学建模竞赛E题

# 出血性脑卒中临床智能诊疗建模

# 背景介绍

出血性脑卒中指非外伤性脑实质内血管破裂引起的脑出血，占全部脑卒中发病率的10-15%。其病因复杂，通常因脑动脉瘤破裂、脑动脉异常等因素，导致血液从破裂的血管涌入脑组织，从而造成脑部机械性损伤，并引发一系列复杂的生理病理反应。出血性脑卒中起病急、进展快，预后较差，急性期内病死率高达45-50%，约80%的患者会遗留较严重的神经功能障碍，为社会及患者家庭带来沉重的健康和经济负担。因此，发掘出血性脑卒中的发病风险，整合影像学特征、患者临床信息及临床诊疗方案，精准预测患者预后，并据此优化临床决策具有重要的临床意义。

出血性脑卒中后，**血肿范围扩大**是预后不良的重要危险因素之一。在出血发生后的短时间内，血肿范围可能因脑组织受损、炎症反应等因素逐渐扩大，导致颅内压迅速增加，从而引发神经功能进一步恶化，甚至危及患者生命。因此，监测和控制血肿的扩张是临床关注的重点之一。此外，血肿周围的水肿作为脑出血后继发性损伤的标志，在近年来引起了临床广泛关注。血肿周围的水肿可能导致脑组织受压，进而影响神经元功能，使脑组织进一步受损，进而加重患者神经功能损伤。综上所述，针对出血性脑卒中后的两个重要关键事件，即血肿扩张和血肿周围水肿的发生及发展，进行早期识别和预测对于改善患者预后、提升其生活质量具有重要意义。

医学影像技术的飞速进步，为无创动态监测出血性脑卒中后脑组织损伤和演变提供了有力手段。近年来，迅速发展并广泛应用于医学领域的人工智能技术，为海量影像数据的深度挖掘和智能分析带来了全新机遇。期望能够基于本赛题提供的影像信息，联合患者个人信息、治疗方案和预后等数据，构建智能诊疗模型，明确导致出血性脑卒中预后不良的危险因素，实现精准个性化的疗效评估和预后预测。相信在不久的将来，相关研究成果及科学依据将能够进一步应用于临床实践，为改善出血性脑卒中患者预后作出贡献。

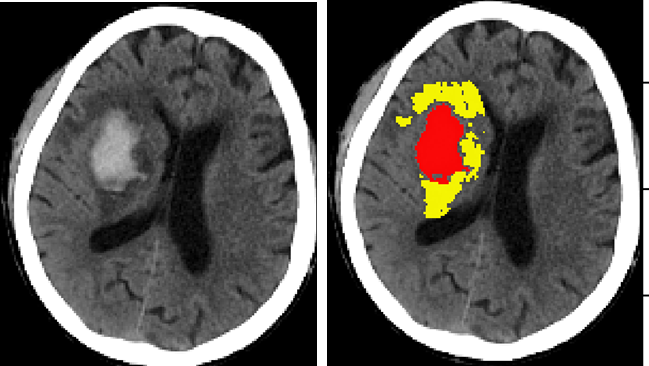


图1. 左图脑出血患者CT平扫，右图红色为血肿，黄色为血肿周围水肿

# 数据集介绍及建模目标

赛题提供了160例（100例训练数据集+60例独立测试数据集）出血性脑卒中患者的个人史、疾病史、发病及治疗相关信息、多次重复的影像学检查（CT平扫）结果及患者预后评估,该部分信息可在“**表1-患者列表及临床信息”**中查询。如图1为脑出血患者CT平扫，红色为血肿区域，黄色为水肿区域。赛题提供影像学检查数据，包括各个时间点血肿/水肿的体积、位置、形状特征及灰度分布等信息。体积及位置信息可在“**表2-患者影像信息血肿及水肿的体积及位置”**中查询。形状及灰度分布信息可在“**表3-患者影像信息血肿及水肿的形状及灰度分布”**中查询。

赛题目标：通过对真实临床数据的分析，**研究出血性脑卒中患者血肿扩张风险、血肿周围水肿发生及演进规律，最终结合临床和影像信息，预测出血性脑卒中患者的临床预后。**

**目标变量：**

* 发病48小时内是否发生血肿扩张：1是；0否。
* 发病后90天 mRS：0-6，**有序等级变量**。其中mRS是评估卒中后患者功能状态的重要工具，详见附件2相关概念。

## 临床信息：相关信息在“表1-患者列表及临床信息”中获取。

* ID：患者ID。
  + 训练数据集：sub001至sub100，共计100例。包含：患者信息、首次及所有随访影像数据及90天mRS。
  + 测试数据集1：sub101至sub130，共计30例。包含：患者信息、首次影像数据。不包含：随访影像数据及90天mRS。
  + 测试数据集2：sub131至sub160，共计30例。包含：患者信息、首次及所有随访影像数据。不包含：90天mRS。
* 入院首次影像检查流水号：一个14位数字编码。前8位代表年月日，后6位为**顺序编号**（注意：不是时分秒）。流水号是影像检查的唯一编码，具体影像检查时间点可通过对应流水号在“**附表1-检索表格-流水号vs时间”**中检索。
* 年龄： 岁
* 性别：男/女
* 脑出血前mRS评分：0-6，有序等级变量
* 高血压病史：1是0否
* 卒中病史：1是0否
* 糖尿病史：1是0否
* 房颤史：1是0否
* 冠心病史：1是0否
* 吸烟史：1是0否
* 饮酒史：1是0否

## 发病相关特征，共计2字段。

* 血压：收缩压/舒张压。单位： 毫米汞柱
* 发病到首次影像检查时间间隔：单位：小时

## 治疗相关特征，共计7字段。

* 脑室引流：1是0否
* 止血治疗：1是0否
* 降颅压治疗：1是0否
* 降压治疗：1是0否
* 镇静、镇痛治疗：1是0否
* 止吐护胃：1是0否
* 营养神经：1是0否

## 影像相关特征，共计84字段/时间点。

* 血肿及水肿的体积和位置信息在“**表2-患者影像信息血肿及水肿的体积及位置”**中获取，包含了：每个时间点血肿（Hemo）总体积及水肿（ED）总体积及不同位置的占比。体积占比定义：**血肿/水肿**在该位置的体积占总体积大小的比例，取值范围为：0-1。如：0代表该区域没有发生血肿/水肿，1则代表该患者所有血肿/水肿均发生在该区域，可通过占比换算出该位置绝对体积。本赛题采用通用模板，区分左右侧大脑前动脉（ACA\_L， ACA\_R），左右侧大脑中动脉（MCA\_L，MCA\_R），左右侧大脑后动脉（PCA\_L，PCA\_R），左右侧脑桥/延髓（Pons\_Medulla\_L，Pons\_Medulla\_R），左右侧小脑（Cerebellum\_L，Cerebellum\_R）共十个不同位置，具体位置和参考文献见**附件2-相关概念**。综上，总体积：2个字段（单位：10-3ml），位置：20个字段。在每个时间点，体积及位置特征共计22个字段。
* 血肿及水肿的形状及灰度分布在“**表3-患者影像信息血肿及水肿的形状及灰度分布”**的两个不同标签页存放，可通过流水号检索对应数据。每个时间点血肿及水肿的形状及灰度特征，反映目标区域内体素信号强度的分布（17个字段）及三维形状的描述（14个字段），因此，在每个时间点，血肿及水肿的形状+灰度分布特征**共62字段**。

注：重复影像数据根据临床真实情况提供，重复时间个体间可能存在差异。

# 三、请建模回答如下问题

## 血肿扩张风险相关因素探索建模。

1. 请根据“表1”（字段：入院首次影像检查流水号，发病到首次影像检查时间间隔），“表2”（字段：各时间点流水号及对应的HM\_volume），判断患者sub001至sub100发病后48小时内是否发生血肿扩张事件。

*结果填写规范*：1是0否，填写位置：“表4”C字段（是否发生血肿扩张）。

如发生血肿扩张事件，请同时记录血肿扩张发生时间。

*结果填写规范*：如10.33小时，填写位置：“表4”D字段（血肿扩张时间）。

* + - **是否发生血肿扩张**可根据血肿体积前后变化，具体定义为：后续检查比首次检查**绝对体积增加≥6 mL**或**相对体积增加≥33%**。

注：可通过流水号至“附表1-检索表格-流水号vs时间”中查询相应影像检查时间点，结合发病到首次影像时间间隔和后续影像检查时间间隔，判断当前影像检查**是否在发病48小时内**。

1. 请以是否发生血肿扩张事件为目标变量，基于“表1” 前100例患者（sub001至sub100）的个人史，疾病史，发病相关（字段E至W）、“表2”中其影像检查结果（字段C至X）及“表3”其影像检查结果（字段C至AG，注：只可包含对应患者首次影像检查记录）等变量，构建模型**预测所有患者（sub001至sub160）发生血肿扩张的概率**。

注：该问只可纳入**患者首次影像检查信息**。

*结果填写规范*：记录预测事件发生概率（取值范围0-1，小数点后保留4位数）；填写位置：“表4”E字段（血肿扩张预测概率）。

## 血肿周围水肿的发生及进展建模，并探索治疗干预和水肿进展的关联关系。

* 1. 请根据“表2”前100个患者（sub001至sub100）的水肿体积（ED\_volume）和**重复检查时间点**，构建**一条**全体患者水肿体积随时间进展曲线（x轴：发病至影像检查时间，y轴：水肿体积，y=f(x)），计算前100个患者（sub001至sub100）真实值和所拟合曲线之间存在的残差。

*结果填写规范*：记录残差，填写位置“表4”F字段（残差（全体））。

* 1. 请探索患者水肿体积随时间进展模式的**个体差异**，构建不同人群（分亚组：3-5个）的水肿体积随时间进展曲线，并计算前100个患者（sub001至sub100）真实值和曲线间的残差。

*结果填写规范*：记录残差，填写位置“表4”G字段（残差（亚组）），同时将所属亚组填写在H段（所属亚组）。

* 1. 请分析**不同治疗方法**（“表1”字段Q至W）对水肿体积进展模式的影响。
  2. 请分析血肿体积、水肿体积及治疗方法（“表1”字段Q至W）三者之间的关系。

## 出血性脑卒中患者预后预测及关键因素探索。

* 1. 请根据前100个患者（sub001至sub100）个人史、疾病史、发病相关（“表1”字段E至W）及**首次影像**结果（表2，表3中相关字段）构建预测模型，预测患者（sub001至sub160）90天mRS评分。

注：该问只可纳入患者首次影像检查信息。

*结果填写规范*：记录预测mRS结果，0-6，有序等级变量。填写位置“表4”I字段（预测mRS（基于首次影像））。

* 1. 根据前100个患者（sub001至sub100）所有已知临床、治疗（表1字段E到W）、表2及表3的影像（**首次+随访**）结果，预测所有**含随访影像检查的患者**（sub001至sub100,sub131至sub160）90天mRS评分。

*结果填写规范*：记录预测mRS结果，0-6，有序等级变量。填写位置“表4”J字段（预测mRS）。

* 1. 请分析出血性脑卒中患者的预后（90天mRS）和个人史、疾病史、治疗方法及影像特征（包括血肿/水肿体积、血肿/水肿位置、信号强度特征、形状特征）等关联关系，为临床相关决策提出建议。

# 四、附件

* 表1-患者列表及临床信息.xlsx
* 表2-患者影像信息血肿及水肿的体积及位置.xlsx
* 表3-患者影像信息血肿及水肿的形状及灰度分布.xlsx
* 表4-答案文件.xlsx
* 附表1-检索表格-流水号vs时间.xlsx
* 附件2-相关概念.docx