动脉粥样硬化 3D 交互可视化 · 使用说明

单文件网页 · 双击即用 · 可上传任意网站 · 无需联网与插件

主程序：atherosclerosis_3d.html　体积约 4.0 MB　零外部依赖　中 / 英双语

1 这是什么

一个把**动脉粥样硬化发生发展全过程**做成三维交互场景的教学网页。血管壁被"剖开"展示，从内皮激活、LDL 滞留与氧化、单核细胞迁入、泡沫细胞形成，到脂质条纹与斑块并发症，共 **7 个阶段**依次呈现；另含 **8 种关键结构**的标注、**4 个分子结构**的三维模型，以及 **8 道随堂测验**。

适合：本科生 / 研究生《动脉粥样硬化学》《生物化学》《病理生理学》课堂演示，也可作为学生课后自学的交互材料。

> **单文件、自包含。**模型、贴图、机制图、三维分子结构、测验题全部内嵌在这一个 HTML 文件里。拷走就能用，不依赖图片文件夹、不依赖网络、不依赖服务器脚本。

2 怎么打开 / 运行环境

- **本地：**双击 `atherosclerosis_3d.html`，用浏览器打开即可。
- **浏览器：**Chrome、Edge、Safari、Firefox 近两年的版本均可。需开启 WebGL（默认开启）。
- **屏幕：**建议窗口宽度 ≥ 1280 px。窄屏（< 900 px）能打开，但顶部面板会相互挤压。
- **手机 / 平板：**可以打开并触摸旋转缩放，但面板密集，体验不如桌面端，建议横屏。
- **首次加载：**约 3–8 秒（视机器性能），期间显示加载动画。

> **注意：**不要直接双击本目录下的 `index.html`。那是源码版，需要同目录的 `lib/` 与图片文件才能运行。对外分发请用 `atherosclerosis_3d.html`。

3 界面导览

页面共有 4 个可折叠面板，**初始状态全部收起**，把画面完整留给三维模型：收起时是一个带箭头的小按钮，点一下展开。所有折叠 / 展开按钮统一为 36×36 像素的立体按钮，悬停变蓝。

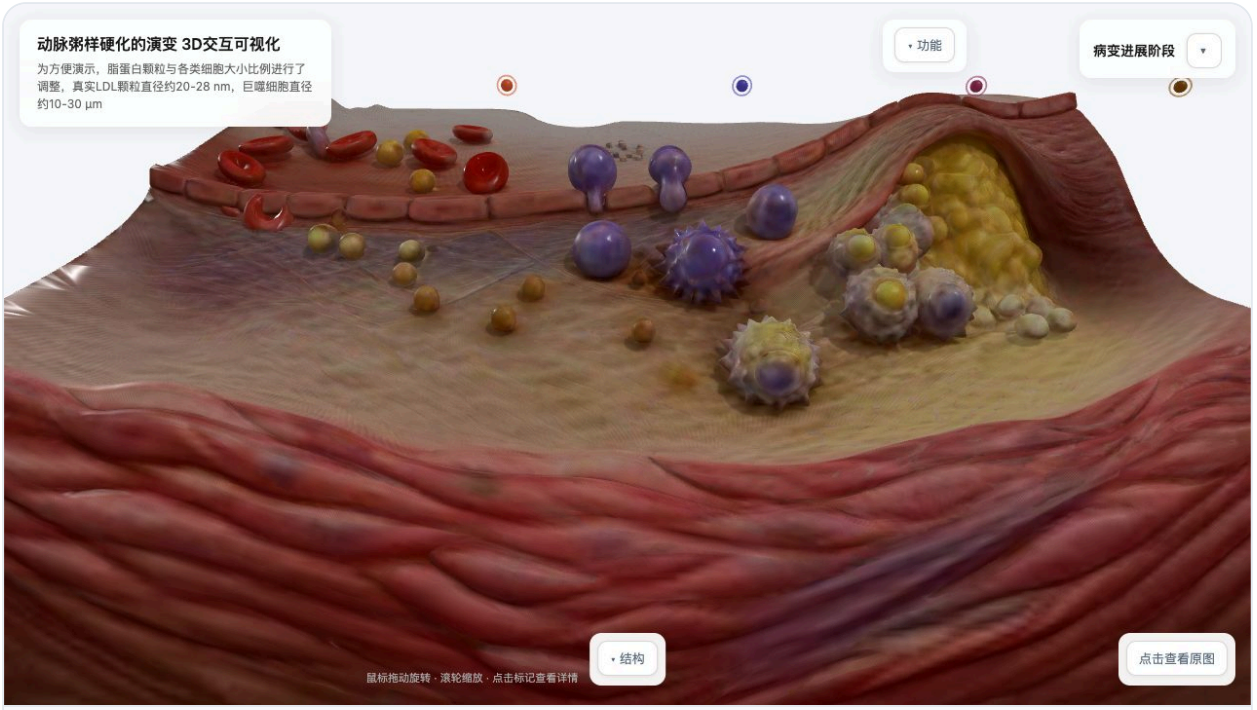


图 1 · 初始状态：右上「功能」、右上「病变进展阶段」、底部「结构」、右下「参考图」四个面板全部收起。

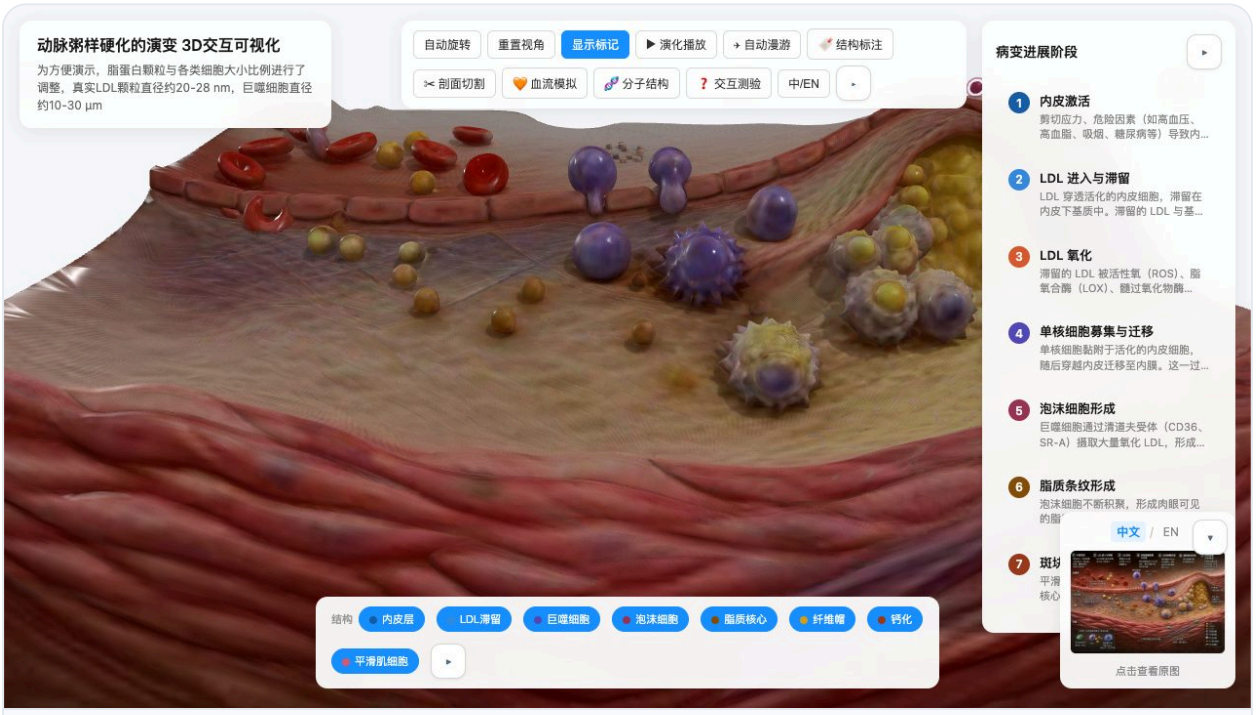


图 2 · 全部展开后：顶部出现功能按钮组，右上列出 7 个阶段，底部列出 8 种结构，右下显示参考机制图。

面板	位置	收起时显示	展开后内容
功能	右上（标题下方）	▾ 功能	11 个功能按钮（旋转、播放、切割、测验等）
病变进展阶段	右上	标题 + ▾ 按钮	7 个阶段的列表，点击可跳转并查看详情
结构	底部居中	▾ 结构	8 种结构的彩色开关按钮
参考图	右下	点击查看原图	中 / 英文机制图缩略图，点击可放大看原图

左上角是**标题与说明文字**（不可折叠）。为便于演示，脂蛋白颗粒与细胞的大小比例经过夸张处理（真实 LDL 直径约 20–28 nm，巨噬细胞直径约 10–30 μm，二者相差约千倍，无法同尺度呈现）。

4 鼠标操作

左键拖动

旋转视角，从任意角度观察血管壁与斑块

滚轮

缩放，可推近看单个泡沫细胞

右键拖动

平移视图

点击彩色小球 / 标签

弹出该结构的中文 + 英文详解

页面底部有提示条：*鼠标拖动旋转 · 滚轮缩放 · 点击标记查看详情。*

5 功能按钮速查

展开右上「功能」面板后可见（均为开关式，高亮蓝底表示已开启）：

按钮	作用	默认
自动旋转	让模型缓慢自转，适合投影时当背景演示	关
重置视角	回到初始机位并复位播放进度	—
显示标记	显示 / 隐藏 7 个阶段的编号标记球	开
演化播放	按 1→7 阶段自动播放，顶部显示进度条与解说	—
自动漫游	相机沿病变长轴自动巡游一遍	—
结构标注	显示 / 隐藏 8 种结构的彩色球与中英文标签	开
剖面切割	拖动滑块纵向切开血管，看内部脂质核心与纤维帽	—
血流模拟	显示管腔内流动的血流粒子	—
分子结构	在场景中出现分子热点，点击弹出可旋转的三维分子（HMG-CoA 还原酶、LDL 受体、PCSK9、ApoA-I），支持 Cartoon / Surface / Stick / Sphere 四种显示风格	—
交互测验	8 道选择题，即时判分，可用于课堂点检	—
中 / EN	全界面中英文一键切换（含标签、解说、参考图）	中文

6 七个病变阶段

右上「病变进展阶段」列表，或点「演化播放」自动依次演示：

#	阶段	核心事件
1	内皮激活	剪切应力与危险因素导致内皮表达 VCAM-1、ICAM-1、P-/E-选择素，分泌 CS-1
2	LDL 进入与滞留	LDL 穿透活化内皮，与内皮下基质蛋白结合而滞留
3	LDL 氧化	ROS、LOX、MPO 等将 LDL 氧化为 mmLDL 与 oxLDL，具细胞毒性
4	单核细胞募集与迁移	MCP-1 / CCR-2 介导单核细胞黏附、穿越内皮，分化为巨噬细胞
5	泡沫细胞形成	巨噬细胞经清道夫受体大量摄取 oxLDL，胞内脂滴蓄积成泡沫细胞
6	脂质条纹形成	泡沫细胞聚集并释放炎症因子，形成肉眼可见的脂质条纹
7	斑块进展与并发症	平滑肌细胞迁移增殖形成纤维帽，脂质核心扩大、钙化，最终可破裂血栓

7 八种结构标注

底部「结构」面板中每个按钮对应一种结构，点击可单独显示 / 隐藏；场景里的彩色小球同时带中英文标签。

结构	English	说明要点
内皮层	Endothelium	血管内壁单层内皮，病变的起点
LDL 滞留区	LDL Retention	内皮下基质中滞留并被修饰的 LDL
巨噬细胞	Macrophages	由单核细胞分化，吞噬脂质
泡沫细胞	Foam Cells	胞内充满脂滴的巨噬细胞，脂纹的主要成分
脂质核心	Lipid Core	斑块深部的坏死脂质与胆固醇结晶
纤维帽	Fibrous Cap	平滑肌与胶原构成的覆盖层，决定斑块稳定性
钙化	Calcification	晚期钙盐沉积
平滑肌细胞	Smooth Muscle Cells	由中膜迁移至内膜，增殖并分泌基质

8 教学使用建议

- **开场：**保持面板全部收起，先让学生看整体形态；再逐个展开，避免信息一次性倾泻。
- **讲机制：**直接点「演化播放」，配顶部进度条逐阶段讲解，比手动翻页连贯。
- **看内部：**用「剖面切割」把血管纵向切开，配合「脂质核心」「纤维帽」两个结构开关，讲清楚"稳定斑块 vs 易损斑块"。
- **联系用药：**点「分子结构」调出 HMG-CoA 还原酶（他汀靶点）、PCSK9（单抗靶点）、LDL 受体、ApoA-I，把形态学与药理串起来。
- **课堂点检：**结束前 5 分钟开「交互测验」，8 题即时判分。
- **双语课：**点「中 / EN」整体切换，标签、解说、机制图同步变化。

9 常见问题排查

现象	原因与处理
打开是白屏 / 一直转圈	浏览器未启用 WebGL。地址栏访问 `chrome://gpu`（Chrome / Edge）确认；或改用较新的 Chrome / Edge 打开。也可能是文件下载不完整，重新拷贝一次。
模型是纯灰色、没有颜色	贴图未能解码。本版本已内置兜底：贴图以 JPEG data URI 内嵌并在加载后强制写入材质，正常情况下不会再出现。若仍为灰色，请确认文件未被二次压缩 / 转码，并用 Chrome 或 Edge 打开。
页面上文字乱码	服务器未以 UTF-8 返回该页。在 nginx 中确认 `charset utf-8;`，或让对方以 UTF-8 保存。
顶部面板互相遮挡	窗口太窄。拉宽浏览器到 1280 px 以上，或先把面板收起。
上传后打不开	确认上传的是 `atherosclerosis_3d.html`（约 4 MB），而不是源码 `index.html`；同时确认服务器允许 `.html` 静态访问。
加载很慢	单文件 4 MB，首次加载需整体下载。可开启服务器 gzip / brotli，HTML 文本部分可压缩至约 1.5 MB。

10 上传部署

放到网站目录

把 `atherosclerosis_3d.html` 上传到站点任意目录即可，无需其他文件。建议文件名保持英文。

```
# 例：rsync 上传（按实际路径修改）
rsync -avz atherosclerosis_3d.html user@server:/var/www/yuyanglab/as_3d.html

# nginx 建议配置（开启压缩与 UTF-8）
location ~* \.html$ {
    charset utf-8;
    gzip on;
    gzip_types text/html;
    add_header Cache-Control "no-cache";
}
```

在已有页面里嵌入

也可以不做独立页面，用 iframe 挂进现有网页（建议高度 ≥ 720 px）：

```
<iframe src="atherosclerosis_3d.html"
        style="width:100%;height:760px;border:0;border-radius:12px;"
        loading="lazy" allowfullscreen></iframe>
```

对外发布时需注意

> 若把本页挂到**对外域名**下，按国内法规需在页脚补充网站备案信息，并随站点统一添加备案标识。本页当前**未内置**备案号 —— 内部教学使用无需处理，正式对外发布前请补齐。

本页面为于杨课题组制作 · 鲁ICP备2026049310号 | 鲁公网安备37010402441672号