

PupilMetrics - 用户手册

版本 6.1 · CNRI

目录

1. [快速入门] (#1-getting-started)
 - 1.1 [系统要求] (#11-system-requirements)
 - 1.2 [安装] (#12-installation)
 - 1.3 [许可证] (#13-licensing)
 - 1.4 [首次启动] (#14-first-launch)
 - 1.5 [桌面窗口与键盘快捷键] (#15-desktop-window--keyboard-shortcuts)
2. [采集眼部图像] (#2-capturing-eye-images)
 - 2.1 [采集工作流程] (#21-the-capture-workflow)
 - 2.2 [摄像头来源选择] (#22-camera-source-selection)
 - 2.3 [质量门控摄像头模式] (#23-quality-gated-camera-mode)
 - 2.4 [手动摄像头模式] (#24-manual-camera-mode)
 - 2.5 [USB / UVC 虹膜镜 (Dino-Lite)] (#25-usb--uvc-iriscope-dino-lite)
 - 2.6 [PLR 视频模式] (#26-plr-video-mode)
 - 2.7 [从相册导入] (#27-import-from-gallery)
 - 2.8 [优质采集技巧] (#28-tips-for-a-good-capture)
3. [读取分析结果] (#3-reading-the-analysis-results)
 - 3.10 [可视分析工具] (#310-visual-analysis-tools)
 - 3.10.1 [CLAHE 对比度增强] (#3101-clahe-contrast-enhancement)
 - 3.10.2 [虹膜 3D 浮雕查看器] (#3102-iris-3d-relief-viewer)
 - 3.10.3 [色素密度热图] (#3103-pigment-density-heatmap)
 - 3.10.4 [注释模式] (#3104-annotation-mode)
 - 3.10.5 [双眼并排比较] (#3105-side-by-side-eye-comparison)
 - 3.10.6 [连续扫描时间线] (#3106-serial-scan-timeline)
 - 3.10.7 [加博尔滤波器纹理分析] (#3107-gabor-filter-texture-analysis)
 - 3.10.8 [局部二值模式 (LBP) 基质分类器] (#3108-local-binary-pattern-lbp-stroma-classifier)
 - 3.10.2E [虹膜 3D 浮雕查看器 - 增强版] (#3102e-iris-3d-relief-viewer--enhanced-edition)
 - 3.11 [高级虹膜研究工具包] (#311-advanced-iris-research-toolkit)
 - 3.11.1 [虹膜橡皮纸展开 (Daugman 归一化)] (#3111-iris-rubber-sheet-unwrapping-daugman-normalisation)

- 3.11.2 [放射状纤维方向图] (#3112-radial-fibre-orientation-map)
 - 3.11.3 [隐窝与陷窝自动检测] (#3113-crypt--lacuna-auto-detection)
 - 3.11.4 [收缩沟 (神经环) 检测] (#3114-contraction-furrow-nerve-ring-detection)
 - 3.11.5 [镜面反射修复] (#3115-specular-reflection-inpainting)
 - 3.11.6 [异色症扇区映射] (#3116-heterochromia-sector-mapping)
 - 3.11.7 [双眼结构相似度指数 (SSIM-OD/OS)] (#3117-bilateral-structural-similarity-index-ssim-odos)
 - 3.11.8 [Frangi 血管性滤波器 - 纤维脊增强] (#3118-frangi-vesselness--fibre-ridge-enhancement)
 - 3.11.9 [GLCM Haralick 纹理面板] (#3119-glcm-haralick-texture-panel)
 - 3.11.10 [虹膜签名与会话验证] (#31110-iris-signature--session-verification)
 - 3.11.11 [多帧融合与超分辨率采集] (#31111-multi-frame-fusion--super-resolution-capture)
 - 3.12 [PLR 信号分析增强] (#312-plr-signal-analysis-enhancements)
 - 3.12.1 [收缩动力学 - 速度、幅度、潜伏期] (#3121-constriction-kinetics--velocity-amplitude-latency)
 - 3.12.2 [再散瞳时间 (T75)] (#3122-redilation-time-t75)
 - 3.12.3 [海马节律 - 自发振荡检测] (#3123-hippus--spontaneous-oscillation-detection)
 - 3.12.4 [PLR 迹线的频谱 (傅里叶) 分析] (#3124-spectral-fourier-analysis-of-the-plr-trace)
4. [患者管理与导出] (#4-patient-management--exports)
- 4.1 [患者信息表单] (#41-patient-information-form)
 - 4.2 [扫描历史] (#42-scan-history)
 - 4.3 [PDF 报告] (#43-pdf-report)
 - 4.4 [纯文本报告 (TXT)] (#44-plain-text-report-txt)
 - 4.5 [JSON 数据导出] (#45-json-data-export)
 - 4.6 [共享与归档] (#46-sharing--filing)
 - 4.7 [Windows 原生打印] (#47-native-windows-print)
 - 4.8 [Excel 扫描历史导出] (#48-excel-scan-history-export)
5. [自然医学疗法面板] (#5-natural-medicine-therapy-panels)
- 5.1 [启用疗法模块] (#51-enabling-the-therapy-modules)
 - 5.2 [区域发现如何驱动疗法面板] (#52-how-zone-findings-drive-the-therapy-panels)
 - 5.3 [草药建议面板] (#53-herbal-recommendations-panel)
 - 5.4 [营养建议面板] (#54-nutrition-recommendations-panel)
 - 5.5 [脊椎指压关联面板] (#55-chiropractic-correlations-panel)

- 5.6 [TCM 关联面板] (#56-tcm-correlations-panel)
- 5.7 [综合阅读疗法面板] (#57-reading-therapy-panels-together)
- 6. [体质虹膜学] (#6-constitutional-iridology)
 - 6.1 [背景与理论基础] (#61-background--theoretical-basis)
 - 6.2 [34 种体质类型] (#62-the-34-constitutional-types)
 - 6.3 [选择体质类型] (#63-selecting-a-constitutional-type)
 - 6.4 [分析结果中的体质面板] (#64-constitutional-panel-in-analysis-results)
 - 6.5 [PDF 报告中的体质章节] (#65-constitutional-section-in-the-pdf-report)
 - 6.6 [临床指导与局限性] (#66-clinical-guidance--limitations)
- 7. [导出 PDF 报告] (#7-exporting-pdf-reports)
 - 7.1 [影响 PDF 输出的因素] (#71-what-affects-the-pdf-output)
 - 7.2 [报告语言] (#72-report-language)
 - 7.3 [文件命名与保存位置] (#73-file-naming-and-save-location)
 - 7.4 [图像压缩] (#74-image-compression)
 - 7.5 [重新生成 PDF] (#75-regenerating-a-pdf)
- 8. [设置与自定义] (#8-settings--customization)
 - 8.1 [完整设置参考] (#81-complete-settings-reference)
 - 8.2 [语言] (#82-language)
 - 8.3 [区域覆盖层与观察员备注] (#83-zone-overlay--observer-notes)
 - 8.4 [ML 对比面板] (#84-ml-comparison-panel)
 - 8.5 [关于与支持] (#85-about--support)
 - 8.6 [高级研究工具包设置] (#86-advanced-research-toolkit-settings)
- 9. [临床与法律免责声明] (#9-clinical--legal-disclaimers)
 - 9.1 [预期用途] (#91-intended-use)
 - 9.2 [非医疗诊断] (#92-not-a-medical-diagnosis)
 - 9.3 [疗法面板免责声明] (#93-therapy-panel-disclaimers)
 - 9.4 [PLR 视频模式] (#94-plr-video-mode)
 - 9.5 [数据隐私] (#95-data-privacy)
 - 9.6 [图像保留] (#96-image-retention)
 - 9.7 [知识产权] (#97-intellectual-property)
 - 9.8 [高级功能的仅限研究免责声明] (#98-research-only-disclaimers-for-advanced-features)

1. 快速入门

1.1 系统要求

平台	最低要求
Windows (主要平台)	Windows 10 64 位, 4 GB 内存, USB 2.0 端口 (用于虹膜镜)
Android	Android 8.0+, 支持 USB OTG (用于虹膜镜)
iOS	iOS 14+, iPhone 8 或更新机型

在 Windows 上进行首次许可证激活时需要互联网连接。此后可完全离线使用。

1.2 安装

Windows 桌面

1. 运行 PupilMetrics 安装程序 (`PupilMetrics_Setup.exe`) 。
2. 安装程序将应用程序放置于 `Program Files\PupilMetrics` , 并创建桌面快捷方式。
3. 如果使用 Dino-Lite 虹膜镜, 请在启动前确保已安装 **DNVideoX** 驱动程序 (参见第 2.5 节) 。

Android

从 Google Play 商店安装, 或加载提供的 APK 文件。

iOS

从 Apple App Store 安装。

1.3 许可证

Windows - 许可证等级

PupilMetrics 在 Windows 上使用与机器绑定的许可证。首次启动时, 系统会提示您开始免费试用或输入许可证密钥。

等级	有效期	机器数量
试用版	14 天, 全功能	1 台
标准版	1 年	1 台
专业版	终身	1 台
企业版	终身	多台

****开始免费试用****

在许可证界面点击****开始免费试用****。14 天倒计时立即开始。试用期间所有功能均可使用—无需信用卡。

****输入许可证密钥****

1. 从 CNRI 购买许可证密钥。
2. 在许可证界面，将密钥粘贴至****许可证密钥****字段，然后点击****激活****。
3. 激活过程将联系 `licenses.cnri.edu`，将密钥绑定至您的机器 ID。
4. 激活后，PupilMetrics 可无限期离线使用。

****试用期已过****

若试用期届满，启动时将显示许可证界面。输入已购买的许可证密钥以恢复完整访问权限。

> ****注意****：将许可证迁移至新机器需要联系 CNRI 支持以解除旧机器 ID 的绑定。

Android 与 iOS — 应用内购买

在移动端，许可通过 App Store / Google Play 经由 RevenueCat 处理。在付费墙界面点击****订阅****或****购买****以解锁完整应用。

1.4 首次启动

完成许可设置后，每次打开应用时均按以下流程进行：

...

许可证检查

↓

启动画面

↓

患者信息界面 ← 输入姓名、出生日期、备注

↓

摄像头模式选择器 ← 选择每只眼睛的采集方式

↓

眼部采集（先右眼，后左眼）

↓

分析与结果界面

...

****患者信息界面****

在继续之前，至少需填写患者姓名。出生日期用于年龄标准化 PI 比率解读。此处输入的观察员备注将包含在 PDF 和文本导出中。

1.5 桌面窗口与键盘快捷键

在 Windows 上，PupilMetrics 使用带有最小化、最大化和关闭控件的自定义标题栏。窗口可自由调整大小。

快捷鍵	操作
`F11`	切换全屏
`Ctrl + H`	打开扫描历史
`Escape`	返回 / 关闭对话框

自然医学设置面板（草药、营养、脊椎指压、TCM 开关）及**诊所/机构名称**字段可从任意界面标题栏中的设置图标访问。

2. 采集眼部图像

2.1 采集工作流程

PupilMetrics 始终**先采集右眼 (OD)**，再**采集左眼 (OS)**。此惯例符合标准临床虹膜学记录规范。分析运行前，两张图像均须采集完成。

摄像头模式选择器界面允许您为每只眼睛独立选择采集方式，但实际操作中通常对两只眼睛使用相同的来源。

2.2 摄像头来源选择

点击摄像头模式选择器上的眼睛卡片以打开来源选择器。可用来源如下：

模式	最适用场景
质量门控后置摄像头	手机/平板—自动清晰度与曝光门控
质量门控前置摄像头	移动端自拍采集
手动摄像头	直接摄像头控制，手动快门

USB / UVC 虹膜镜 (Dino-Lite)	通过 USB 连接的专业虹膜镜
PLR 视频模式	瞳孔对光反射 (视频分析)
从相册导入	重新分析之前保存的虹膜照片

2.3 质量门控摄像头模式




质量门控模式是手机和平板电脑上推荐的采集方式。实时质量分析器在接受每一帧之前对其进行检查，防止模糊或曝光不佳的图像进入分析流程。

工作原理

门控同时根据五项标准评估每一摄像头帧：

标准	可接受范围	检测内容
清晰度	评分 ≥ 100	运动模糊、虹膜失焦
亮度	30-230 (0-255 刻度)	欠曝光与过曝光
对比度	评分 ≥ 30	平淡、细节不足的图像
瞳孔置信度	$\geq 30\%$	帧中包含可检测的瞳孔
中心偏移	\leq 帧宽的 25%	瞳孔未充分居中

状态指示器

-  红色边框 + 实时反馈消息 - 一个或多个标准未通过；保持静止并调整位置
-  琥珀色 - 临界状态；需要微调
-  绿色边框 - 所有标准均满足；照片自动采集

"非眼睛"拒绝

即使在自动采集后，辅助 AI 检查也会确认图像包含虹膜/瞳孔。如果检测到非眼睛图像（手指、地面、衣物），将弹出警告对话框，提供重新拍摄的选项。

最佳效果提示

- 稳定设备—即使轻微的手部抖动也会使清晰度低于阈值。
- 确保均匀照明；避免单侧直射阳光。
- 靠近前先将虹膜定位在帧的中央。
- 移动摄像头后，等待 2-3 秒让自动曝光稳定。

2.4 手动摄像头模式

手动模式提供对摄像头快门的直接访问，不经过质量门控。以下情况下使用此模式：

- 需要完全控制采集的确切时机。
- 使用第三方微距镜头附件。
- 质量门控因非标准照明而拒绝合格图像。

点击快门按钮进行采集。“非眼睛”检查仍在采集后运行。

2.5 USB / UVC 虹膜镜 (Dino-Lite)

PupilMetrics 与 ****Dino-Lite AM4115ZT**** 及兼容虹膜镜型号深度集成。

Windows (Dino-Lite 通过 DNVideoX)

****前提条件****

- 首次使用前，从 Dino-Lite 官网安装 Dino-Lite ****DNVideoX**** ActiveX 驱动程序。
- 在启动 PupilMetrics 前，通过 USB 连接虹膜镜。

****工作原理****

PupilMetrics 启动一个轻量级后台桥接进程（`dinolite_bridge.exe`），通过 DNVideoX COM 接口与虹膜镜通信。实时预览显示在应用中。

****采集****

- ****MicroTouch 按钮****（推荐）：按下 Dino-Lite 镜筒上的物理按钮。图像立即采集，应用自动进入下一只眼睛。
- ****屏幕按钮****：如物理按钮无法使用，点击应用中的采集按钮。

****LED 控制****

虹膜镜 LED 环可直接从采集界面切换并调整亮度。

****故障排除****

| 现象 | 解决方法 |

|-----|-----|

| 未检测到摄像头 | 拔出并重新连接 USB 线；重启应用 |

| 黑色预览 | DNVideoX 驱动未安装；从 Dino-Lite 官网安装 |

| MicroTouch 按钮无响应 | 等待预览出现后 2 秒再按，待按钮激活 |

Android (Dino-Lite 通过 USB OTG)

使用 **USB OTG 转接器**将虹膜镜连接到 Android 设备。应用在 UVC 摄像头界面自动检测设备。采集界面顶部显示连接状态指示器。使用屏幕快门按钮进行采集。

> **注意：** Android 设备必须支持并启用 USB OTG。

2.6 PLR 视频模式

PLR (瞳孔对光反射) 视频模式记录瞳孔对光刺激的反应，允许随时间测量收缩速度和幅度。

使用时机

当需要评估神经性瞳孔反应而非仅静态虹膜形态时，使用 **PLR 模式**。

采集方法

1. 从摄像头模式选择器选择 **PLR 视频**。
2. 选择前置或后置摄像头以及哪只眼睛。
3. **开始前确保房间昏暗**。
4. 点击**录制** - **屏幕上或外部呈现光刺激**。
5. **逐帧记录和分析瞳孔收缩/扩张周期**。

PLR 结果显示在单独的结果界面上，不与标准虹膜分析合并。

2.7 从相册导入

使用**从相册导入**加载之前保存的虹膜照片进行分析。适用于：

- 重新分析归档的患者图像。
- 使用同一原始照片比较跨会话的结果。
- 使用参考图像进行测试。

同时导入两只眼睛

单次相册操作依次提示选择右眼图像，然后选择左眼图像。

单只眼睛

如果只有一张图像，可以从摄像头模式选择器上的各眼睛卡片单独导入右眼或左眼。

> **提示：** 相册图像会复制到 PupilMetrics 管理的文件夹中，原始文件不会被修改。

2.8 优质采集技巧

无论采用何种采集模式，以下做法均能产生最佳分析结果：

照明

- 使用漫射均匀照明——内置虹膜镜 LED 环最为理想。
- 避免虹膜上出现强烈阴影。
- 避免头顶灯光在角膜上产生反射；稍微调整位置可消除大多数反射。

距离与取景

- 虹膜应填充至少 50% 的帧宽。
- 保持虹膜居中；瞳孔靠近帧边缘会降低偏心率的准确性。
- 对于 Dino-Lite，最佳焦距约为距眼睛 2-3 厘米。

稳定性

- 放置设备或固定手部以消除运动模糊。
- 请患者注视远处某点以减少不自主眼动。
- 在自然眨眼间隙采集——图像质量门控会自动拒绝眨眼时拍摄的帧。

等级指南

分析后，每只眼睛获得一个质量等级：

等级	含义
A	高置信度——所有指标均在最优范围内
B	良好置信度——轻微局限，结果可靠
C	置信度降低——如有可能，考虑重新采集
D	低置信度——建议在临床使用前重新采集

继续阅读第 3 节：读取分析结果 →

3. 读取分析结果

两只眼睛的采集均处理完成后，PupilMetrics 显示涵盖六个测量领域的详细结果界面。本节说明每项指标的含义、计算方式及其临床意义。

> ****使用范围：**** 所有测量均作为临床辅助工具和教育参考资料提供。它们基于历史虹膜学和自主神经反射研究。PupilMetrics **不是**诊断设备。结果应始终由具有资质的从业者在完整患者评估的背景下加以解读。

3.1 虹膜区域图

虹膜被划分为****八个同心放射状区域****，按时钟位置映射。每个区域与相应身体部位的自主神经反射在历史上存在关联。区域发现（平坦、突出、ANW **偏移**）按**区域名称**报告，而非时钟位置，因此下表是关键参考依据。

****区域时钟位置****

区域	右眼 (OD)	左眼 (OS)	历史关联
上中央	12 点钟	12 点钟	情绪调节、能量模式 (双眼)
上鼻侧	1 点钟	10-11 点钟	认知、颈椎反射
中鼻侧	2-3 点钟	9 点钟	OD: 氧利用、心脏/呼吸 · OS: 神经、心脏
下鼻侧	4-5 点钟	7-8 点钟	泌尿生殖、盆腔/腰骶区域
下基底	6 点钟	6 点钟	OD: 肾脏、下肢 · OS: 肾脏、排泄
下颞侧	7-8 点钟	4-5 点钟	OD: 肝脏、代谢 · OS: 心脏、脾脏
中颞侧	9 点钟	3 点钟	OD: 呼吸、心脏 · OS: 肺部、心脏
上颞侧	10-11 点钟	1-2 点钟	OD: 颅神经、听觉 · OS: 神经植物性、言语

> ****关于镜像的注意事项：**** 颞侧与鼻侧在两眼之间互换。左眼 (OS) 是右眼 (OD) 的镜像—每只眼睛的鼻侧朝向鼻子。

****交互式区域覆盖层****

区域图可作为结果界面虹膜照片上的实时极坐标覆盖层使用。当启用****显示区域覆盖层****（设置 → §8.3）时：

- ****点击或单击极坐标图的任意扇区****以识别它。区域名称及其关联器官系统立即显示在图表图像正下方的信息面板中。
- 每个被点击的区域会以 **`区域名称 - 器官系统`** 的格式****自动追加到观察员备注字段****。点击同一区域两次不会创建重复条目。
- 可在观察员备注字段中直接输入附加自由文本评注，与自动填充的条目并列。所有备注均包含在 TXT 和 PDF 导出的“观察员备注”部分。

这允许在咨询过程中快速进行区域-器官交叉参考，无需离开结果界面。有关结构化临床体征记录，请参见 §8.3 中的**虹膜体征查找器**。

3.2 PI 比率 (瞳孔-虹膜比率)

定义

PI 比率是瞳孔直径占总虹膜直径的百分比。它是相对于虹膜的瞳孔大小的主要测量值。

公式

\\`

$$\text{PI 比率} = (\text{瞳孔直径} \div \text{虹膜直径}) \times 100$$

\\`

正常范围

PI 比率 ****20-30%**** 被认为是成人在标准室内照明条件下的生理正常值。应用在数字旁边显示解读标签：

PI 比率	标签
< 15%	瞳孔缩小 (极度收缩)
15-19%	收缩
20-30%	**正常**
31-40%	扩大
> 40%	瞳孔散大 (极度扩张)

年龄标准化比较

由于瞳孔大小随年龄增长而减小，PupilMetrics 将测量直径与年龄特定参考范围进行比较。要显示此比较，必须输入患者的出生日期。

年龄组	预期直径	正常范围
婴儿 (< 1 岁)	2.2 mm	2.0-2.5 mm
幼儿 1-5 岁	4.0 mm	3.5-4.5 mm
儿童 6-11 岁	4.3 mm	3.8-4.8 mm
青少年	4.2 mm	3.5-5.0 mm
成人 20-39 岁	3.5 mm	3.0-4.2 mm
成人 40-59 岁	3.0 mm	2.5-3.5 mm
老年人 60 岁以上	2.7 mm	2.3-3.2 mm

估算直径由 PI 比率乘以假定的平均虹膜直径 12 mm 得出。

3.3 区域发现——平坦 (FLAT) 与突出 (PROT)

定义

评估瞳孔边缘相对于完美圆形的局部偏差。检测到两类偏差：

徽章	形状	历史解读
FLAT	瞳孔边缘在某区域*向内*弯曲	该区域反射区自主神经张力降低
PROT	瞳孔边缘在某区域*向外*隆起	该区域交感神经活动增加

严重程度等级

每项发现按与预期圆形边缘的偏差百分比分级：

严重程度	偏差	含义
在限制范围内	1.5-3.0%	轻微变异，未在临床上标记
轻度	3.0-6.0%	明显偏差，记录供观察
中度	6.0-10.0%	显著偏差，值得随访
显著	> 10.0%	强烈偏差，主要临床关注点

1.5% 以下的偏差不予报告。每个区域卡片显示严重程度百分比、区域名称、眼睛 (OD/OS) 以及该区域的历史器官关联。

3.4 ANW 评估 (领圈 / 自主神经环)

ANW 的定义

ANW (自主神经环)，又称领圈，是虹膜中可见的纹理环，位于瞳孔与虹膜边缘之间约三分之一处。它标志着虹膜内外区域的过渡，反映自主神经系统张力。

ANW 比率

该比率测量 ANW 环直径相对于虹膜直径的比值。

ANW 比率	状态	自主神经解读
< 25%	**痉挛性**	ANW 环向内收缩—交感神经主导，过度张力
25-35%	**正常**	平衡的自主神经张力

| > 35% | ****无张力**** | ANW 环向外扩张—副交感神经主导，张力不足 |

****ANW 不对称性****

OD 与 OS 的 ANW 比率之间的不对称性也被测量。****0-5%**** 的不对称性属于正常。较大的不对称性，特别是一只眼睛呈痉挛性而另一只呈无张力时，被标记为****功能性挫折****模式。

****ANW 偏移****

ANW 环中偏离预期位置超过 ****8%**** 的局部扇区被报告为 ANW 偏移发现（徽章：****ANW****）。与 FLAT/PROT 发现类似，每次偏移均映射到时钟区域并分配其历史器官关联。

****双侧比较****

两只眼睛分析完成后，双侧 ANW 摘要并排比较 OD 和 OS 比率，计算不对称性，并在存在功能性挫折模式时进行标记。

3.5 偏心率（瞳孔位置）

****定义****

偏心率测量瞳孔中心偏离虹膜几何中心的距离，以虹膜半径的百分比表示。

偏心率	分类
< 5%	**正常** — 瞳孔在生理限制内居中
≥ 5%	**值得关注** — 偏心率标记有方向模式

****方向模式****

当偏心率值得关注时，方向被报告为命名模式：

方向	模式名称	区域含义
朝向鼻子	鼻侧	OD：肺部反射 · OS：心脏反射
远离鼻子	颞侧	肾脏、生殖区域
向上	额侧	大脑、认知区域
向下	基底侧	OD：颅内压反射 · OS：大脑模式
右上方	上鼻侧	OD：肝胆 · OS：脾脏、膈肌
左上方	上颞侧	肾脏、生殖区域

偏心率角度也以度数（0-360°）报告，从水平方向开始，提供精确的方向信息用于制图。

3.6 椭圆度 (瞳孔形状)

定义

椭圆度测量瞳孔的圆形程度，以瞳孔短轴与长轴的比率表示 (100% = 完美圆形，越低越椭圆)。

椭圆度	分类
≥ 95%	**正常** - 基本呈圆形
< 95%	**异常** - 检测到瞳孔形态偏差

瞳孔形态类型

当椭圆度低于正常阈值时，评估椭圆的方向以确定形态类型：

形态	描述	历史关联
圆形	正常圆形瞳孔	无模式
水平椭圆	宽度大于高度	呼吸/腺体自主神经区域
垂直椭圆	高度大于宽度	大脑循环区域
斜向椭圆	倾斜椭圆	泌尿生殖区域反射
弦状	一侧有平边	局部自主神经影响
不规则	非均匀变形	多个自主神经区域影响

3.7 瞳孔不等 (瞳孔大小差异)

定义

瞳孔不等是右眼与左眼瞳孔大小之差，以 PI 比率的绝对百分比差表示。

绝对差值	严重程度	临床说明
< 2%	**无**	在正常范围内 生理对称
2-4%	**轻度**	可能为生理性；监测
4-8%	**中度**	明显不对称；标记供观察
> 8%	**重度**	显著不对称；标记研究观察

中度和重度瞳孔不等等会激活 TBI (创伤性脑损伤) 指示标志，该标志在结果和 PDF 报告中记录。此标志为研究观察参考，非诊断发现。

较大的瞳孔 (OD 或 OS) 及绝对差值显示在双侧比较卡片中。

3.8 置信度评分与混合融合

PupilMetrics 对每张图像运行**两个独立的分析流水线**，然后将其输出融合为单一置信度评分。

****经典计算机视觉 (基于像素)****

经典计算机视觉流水线在全分辨率图像上使用圆形检测、径向采样和边界点分析。它产生像素精确的虹膜和瞳孔边界。

****ML 模型 (ONNX)****

机器学习模型 (``cnri_model.onnx``) 是在虹膜图像上训练的神经网络，调整为以检测到的虹膜为中心的标准化 224x224 裁剪。它输出四个回归值：PI 比率、偏心率、椭圆度和偏心率角度。

****混合置信度公式****

四个组成部分经加权后合并：

组件	权重	测量内容
采集质量	20%	来自质量门控的图像清晰度、亮度、对比度
经典 CV 置信度	35%	类 Hough 虹膜检测器的圆形检测评分
ML 合理性	20%	ML 输出是否在解剖学合理范围内
跨模型一致性	25%	两个流水线在 PI 比率 (80%)、椭圆度 (10%) 和偏心率 (10%) 上的吻合程度

融合置信度以百分比显示，并映射到熟悉的等级：

融合置信度	等级
> 75%	**A**
60-75%	**B**
45-60%	**C**
< 45%	**D**

****安全上限****

如果经典 CV 置信度低于 25%，或采集质量低于 30%，则融合评分分别上限为 40% 或 50%，无论其他组件如何。这确保底层图像质量差时始终产生保守等级。

****当两个流水线不一致时****

当经典和 ML 结果在 PI 比率上存在显著差异 (> 10% 容差) 时，一致性组件会降低混合评分。在设置中启用"显示 ML 比较"时，各流水线的独立经典和 ML 值仍显示在结果中以供参考。

3.9 扫描历史

每次完成的分析均自动保存到本地数据库。通过以下方式访问过往扫描：

- **键盘快捷键**：** `Ctrl + H` (Windows)
- 结果界面上的**扫描历史按钮**

每条历史记录存储完整的分析结果，包括所有指标、区域发现、ANW 评估、PDF 路径和患者信息。可重新打开记录查看完整结果或重新生成 PDF。

3.10 可视分析工具

分析结果界面提供六个可选视觉工具，可通过虹膜图像下方的芯片栏和按钮行激活。这些工具是非破坏性的——不会修改存储的分析数据；仅为覆盖层和查看器。

3.10.1 CLAHE 对比度增强

功能

CLAHE（对比度限制自适应直方图均衡化）通过在小的重叠瓦片中均衡化直方图，而非对整幅图像进行全局均衡，来增强虹膜图像的局部对比度。效果是突出可能在原始采集中被冲洗掉的隐窝、纤维纹理、陷窝和区域边界细节，同时不过曝明亮区域。

使用方法

在分析界面点击**增强**芯片。芯片在原始图像和增强图像之间切换。处理在后台隔离线程中运行（单独的执行线程），因此计算过程中 UI 保持响应。

适用场景

- 深色血液型虹膜，纤维细节难以在浓密棕色基质中辨别
- 过曝图像，瞳孔-虹膜边界模糊
- 在体质评估前检查细微结构细节——隐窝、放射状沟、小陷窝

不会改变的内容

CLAHE 仅为显示操作。对比度增强的图像在屏幕上显示，但不被分析流水线使用。所有指标（PI 比率、区域发现、ANW 等）均从原始采集图像导出，无论增强芯片是否激活。

> ****提示：**** CLAHE 在检查体质类型特征时特别有用。在评估纤维纹理（紧密 vs. 疏松）、痛风石清晰度和陷窝模式前请先激活它。

3.10.2 虹膜 3D 浮雕查看器

****功能****

3D 浮雕查看器将虹膜渲染为交互式 3D 高度图地形——每个像素的亮度映射到高度值，产生一个地形，明亮虹膜区域（凸起纤维、痛风石、突出部）显示为高地，暗区（隐窝、陷窝、沟槽）显示为谷地。

渲染引擎将图像下采样至 512 × 512 工作分辨率，构建 128 × 128 三角网格，在单帧中绘制为填充 3D 曲面。颜色纹理直接来自原始虹膜图像，因此所有色素细节在 3D 中得以保留。

****打开查看器****

在分析界面点击 ****3D 浮雕**** 芯片。查看器作为全屏对话框（740 × 640 px）打开。

****操作控件****

输入	动作	
-----	-----	
鼠标拖动（水平）	围绕垂直（Y）轴旋转模型	
鼠标拖动（垂直）	上下平移模型	
滚轮	倾斜视角（更陡/更平）	
Alt + 滚轮	垂直平移	
3D 级别滑块 （1-100）	高度夸张——低值 = 更强浮雕，高值 = 更平坦	
缩放 - / + 按钮	放大或缩小（25%-400%）	
重置按钮	恢复默认视角、缩放和平移	

****默认视图****

查看器以约 56° 倾斜角、无 Y 旋转、3D 级别 35（中等浮雕）和 100% 缩放打开。这提供了整个虹膜的舒适地形视图。

****3D 浮雕的临床洞察****

高度图曲面使多种结构特征比平面 2D 图像更清晰可见：

特征	3D 外观
陷窝 (隐窝)	深谷坑或陨石坑
痛风石	基质表面的圆丘或脊
放射状纤维	从领环向外辐射的脊谷波纹
领环 (ANW)	分隔内瞳孔带和睫状带的凸起环
色素浓度	色素密度最高处的凸起地形
糠皮边缘	虹膜边界处增厚的外周脊

> **注意：** 3D 浮雕视图用于观察和教育目的。高度图中的结构深度反映亮度差异，不是真实的解剖深度。浓密色素可能因下方基质较暗而显得人为偏高；解读时应牢记这一注意事项。

3.10.3 色素密度热图

功能

色素密度热图对虹膜图像应用热色标，将虹膜的自然颜色替换为从深蓝（最低局部亮度/色素密度）经青色、绿色、黄色、橙色到亮红色（最高局部亮度/色素浓度）的色谱。

热图突出了虹膜表面色素的空间分布，便于识别在正常彩色视图中可能不明显的局部色素浓度、异色症扇区和睫状区变暗。

打开热图

在分析界面点击**热图**芯片。芯片切换虹膜图像上的热色覆盖层。

解读色标

颜色	含义
深蓝/黑	色素密度极低—通常为瞳孔区域或苍白虹膜基质
青/蓝	低至中等密度
绿	中等密度
黄/橙	较高密度—常见于胆汁型/混合体质
亮红	最高局部密度—浓集色素沉积、糠皮边缘、痛风石沉积

临床应用

- **体质评估**——识别色素模式类型 (均匀浓密 = 血液型, 周边集中 = 胆汁型/混合, 稀疏 = 淋巴型)
 - **异色症扇区**——颜色不对称以楔形热点出现, 即使在深色虹膜中也易于定位
 - **糠皮边缘**——变暗的外周缘在热图中成为特征性亮红色带
 - **肝区色素**——7-9 点方向扇区 (OD) 中浓集的色素在颞侧象限中清晰呈现为橙红色区
- > **注意:** 热图编码亮度, 不是化学色素浓度的直接测量。高反射率伪影 (角膜反射、镜面高光) 可能产生假热点。应结合原始图像评估任何异常明亮区域。

3.10.4 注释模式

功能

注释模式允许从业者在虹膜图像上直接自由绘制——圈出感兴趣区域、标记特定陷窝、描绘 ANW 环位置, 或添加任何需要与图像一起保留的视觉备注。

控件

控件	动作	
----- -----		
注释 芯片	进入/退出注释模式	
在图像上绘画	青色笔触自由手绘	
撤销 按钮	删除最后一笔	
清除 按钮	删除所有注释笔触	
保存 PNG 按钮	将注释虹膜图像导出为 PNG 文件	

保存注释图像

点击**保存 PNG** 将虹膜照片和所有绘制笔触的平面合成写入 Windows 文档文件夹 (或移动端应用的文档目录)。文件命名为:

...

Annotated_<患者姓名>_<YYYY-MM-DD>.png

...

> **注意:** 注释笔触是会话本地的——不持久化到数据库, 离开结果界面时会清除。若要保留注释, 请在导航离开前保存 PNG。

3.10.5 双眼并排比较

功能

视觉比较对话框在同步可缩放的面板中并排显示 OD (右眼) 和 OS (左眼) 虹膜图像。每幅图像下方显示双侧分析指标。这是视觉评估双侧对称性、不对称色素沉着和两眼间 ANW 位置差异的最快方式。

打开对话框

在分析结果界面点击**视觉比较**按钮 (底部按钮行)。

面板控件

| 控件 | 动作 |

|-----|-----|

| **捏合缩放/滚轮** | 独立缩放面板，或同步平移激活时两个面板同步缩放 |

| **拖动** | 在面板内平移图像 |

| **OD 镜像**切换 | 水平翻转右眼图像，使两个虹膜均以鼻侧朝向内侧——临床虹膜学使用的标准双侧比较方向 |

| **同步平移**切换 | 启用后，任一面板的平移和缩放手势都会镜像到另一面板，允许以相同放大倍率和位置同时导航两幅图像 |

双侧指标面板

两个图像面板下方，指标比较卡并排显示 OD 和 OS 的以下值：

| 指标 | 显示 |

|-----|-----|

| PI 比率 | 百分比 + 解读标签 |

| 椭圆度 | 百分比 |

| 偏心率 | 百分比 + 方向 |

| ANW 比率 | 百分比 + 痉挛性/正常/弛缓性标签 |

| 混合置信度 | 百分比 + A/B/C/D 等级 |

| 瞳孔不等 (双侧) | 绝对差百分比 + 严重程度标签 |

镜像规范

OD 镜像切换默认开启。在虹膜学标准临床实践中，右侧虹膜以鼻侧朝左查看 (从业者面对患者时解剖学正确的视角)。镜像 OD 反转这一方向，使两个虹膜以鼻侧相对展示——图谱和双侧比较表中使用的标准规范。

3.10.6 连续扫描时间线

功能

连续扫描时间线是一个纵向趋势图，按时间顺序绘制当前患者文件中所有扫描的最多六个 OD/OS 指标系列。提供关键虹膜和瞳孔测量值在就诊间如何变化的可视化图像。

打开时间线

从扫描历史界面（`Ctrl + H`），点击任意扫描记录上的**时间线图标**。对话框预过滤至该患者姓名。

可用指标系列

系列	描述
OD PI%	右眼随时间变化的瞳孔-虹膜比率
OS PI%	左眼随时间变化的瞳孔-虹膜比率
OD Elip%	右眼椭圆度（瞳孔圆形成度）
OS Elip%	左眼椭圆度
OD Conf%	右眼混合置信度评分
OS Conf%	左眼混合置信度评分

每个系列可使用对话框顶部的芯片控件独立开关。至少一个系列必须保持启用。

图表交互

交互	动作
点击数据点	以工具提示显示精确值和扫描日期
水平滚动	当存在大量扫描时沿时间轴左右导航
切换芯片	显示或隐藏单个 OD/OS 系列

趋势解读逻辑

时间线在每个系列上绘制简单线性回归线以指示变化方向。回归纯粹描述性——不应用临床阈值或生成警报。

关注点	临床意义
-----	------

|-----|-----|
 | ****PI% 上升趋势**** | 随时间进行性瞳孔扩大；可能表示自主神经转变或年龄相关缩瞳反转 |
 | ****置信度下降趋势**** | 会话间图像质量下降；检查采集技术 |
 | ****OD/OS PI% 收敛**** | 瞳孔不等消退—双侧对称性改善 |
 | ****OD/OS 椭圆度发散**** | 监测期间一侧瞳孔变得更不规则 |

> ****最低数据要求****：显示时间线需要同一患者（按姓名匹配）至少 2 次扫描。建议至少 3 次扫描以使回归线有意义。

> ****姓名匹配****：患者记录按患者精确姓名（不区分大小写）匹配。确保会话间姓名拼写一致，以使所有扫描在时间线中正确分组。

3.10.7 加博尔滤波器纹理分析

****功能****

加博尔芯片使用针对多种空间频率和方向调谐的****二维加博尔滤波器****组（由高斯包络调制的正弦平面波）对虹膜图像进行卷积。每个像素处的幅度响应记录该像素在每个尺度上与定向条纹的相似程度。跨方向求和产生****能量图****，其中纤维、纹路、放射状沟和钙化结节边缘作为明亮的脊出现在暗色基质背景上。

加博尔滤波是虹膜图像分析的标准纹理算子：它是 Daugman **原始虹膜码**算法的基础，至今仍是纤维密度和纤维方向量化的**参考工具**。

****滤波器组参数****

默认滤波器组可在设置（§8.6）中配置。出厂默认值：

参数	默认值	说明
尺度数	4	空间频率：0.08、0.16、0.32、0.64 周期/像素
方向数	8	0°、22.5°、45°、67.5°、90°、112.5°、135°、157.5°
高斯包络 σ	$2.5 \times \lambda$	包络与波长成比例
长宽比 γ	0.5	高斯长轴与短轴之比
相位偏移 ψ	0°（偶函数）和 90°（奇函数）	幅度计算为 $\sqrt{(\text{偶函数}^2 + \text{奇函数}^2)}$

****使用方法****

点击**加博尔**芯片。虹膜图像被替换为以冷到热渐变渲染的加博尔能量图。图像下方出现四个小的方向色块，显示四个主要轴（水平、垂直和两条对角线）的主导响应。

图像下方的**尺度滑块**（1~4）可以独立检查每个空间频率——尺度 1 强调精细纤维细节，尺度 4 强调粗糙结构带（如睫状体区和虹膜胶领）。

定量读数

读数	含义	典型范围
纤维密度	睫状体区的平均能量	淋巴性 0.25~0.45 · 血液性 0.10~0.25
放射状优势	放射方向能量与切线方向能量之比	$> 1.3 =$ 强放射状（典型淋巴性） $< 0.9 =$ 基质紊乱
纤维均匀性	能量标准差的倒数	越高越规则（致密/丝状）；越低越不规则/蜂窝状

临床应用

- **体质分型** - 纤维密度和放射状优势为淋巴体质组中主观**致密与松散纤维**判断提供客观支撑。
- **蜂窝状图案识别** - 低均匀性与低放射状优势是间充质病理体质的特征。
- **基质透明度评估** - 睫状体区的低能量区域表示基质密度下降，即使低于 §3.11.3 的检测阈值也与陷窝或隐窝存在一致。
- **教学参考** - 方向色块使尚不能在原始图像中看到基质方向结构的学生能够直观地看到它。

> **注意：**加博尔能量反映定向强度梯度，而非生物纤维本身的存在。明亮色素边缘、鳞屑边缘和镜面反射均会产生强烈的加博尔响应。在定量读取能量图之前，请使用 §3.11.5 抑制镜面反射。

3.10.8 局部二值模式（LBP）基质分类器

功能

LBP 芯片计算虹膜基质的**均匀旋转不变局部二值模式**描述符，并显示颜色编码的纹理图和 LBP 模式分布直方图。LBP 是一种简单但非常有效的纹理算子：每个像素与半径 R 圆上的 8 个邻域像素进行比较，阈值化后的模式编码为紧凑整数代码。均匀旋转不变 LBP（ $LBP_{8,1}^{riu2}$ 变体）将相同模式的所有旋转折叠为单个箱，使描述符对采集时虹膜的旋转方向不变。

****使用方法****

点击 ****LBP**** 芯片。虹膜图像被替换为使用以下图例的纹理类型颜色图：

模式类别	颜色	物理含义
平坦 (均匀邻域)	深蓝色	色素场、实体钙化结节表面
边缘	青色	纤维边缘、陷窝边界、虹膜胶领缘
角点	绿色	纤维交叉点、隐窝角
线端	黄色	纤维末端
斑点	橙色	小陷窝、色素斑点
非均匀/混合	红色	高熵区域 (紊乱纹理)

图像下方的 ****LBP 直方图****条形图显示虹膜各模式类别的频率。当两只眼均已计算时，还会显示 ****OD/OS 直方图比较****，让您直观比较两侧虹膜的纹理特征。

****派生指数****

指数	公式	解释
纹理熵	$LBP \text{ 箱上的 } -\sum p_i \log p_i$	越高表示基质越紊乱；越低表示纹理越均匀
平坦模式比	平坦箱 / 总计	血液性体质较高；神经敏感性体质较低
边缘模式比	边缘箱 / 总计	致密纤维淋巴性体质较高；纤维密度的代理指标
OD/OS 纹理相似性	直方图交集	0~100%；> 85% 提示双侧对称基质

****临床应用****

- ****体质亚分型**** - LBP 直方图形状对广泛体质组具有诊断意义；纹理熵与平坦模式比的组合可区分淋巴性 (低熵、低平坦比)、血液性 (中等熵、高平坦比) 和胆汁性/混合型 (高熵、可变)。
- ****双侧对称性**** - OD/OS 纹理相似性提供结构双侧对称性的单一分数；显著偏低的值可能提示侧向体质表达或侧向获得性改变。
- ****纵向监测**** - 纹理熵作为可选系列添加到连续扫描时间线 (§3.10.6)，可将基质随时间的变化作为单一定量趋势进行追踪。

> ****提示****：在激活 LBP 之前运行 CLAHE (§3.10.1) 可改善深色血液性虹膜上边缘模式的分离。局部对比度均衡化后，边缘类和角点类变得更加清晰。

> ****与加博尔的关系****：加博尔和 LBP 是互补的。加博尔具有方向性且多尺度；LBP 旋转不变且尺度特定。希望获得完整纹理指纹的从业者应同时运行两者并并排阅读。

3.10.2E 虹膜 3D 浮雕查看器 - 增强版

版本 6.1+ 显著扩展了现有的 3D 浮雕查看器 (§3.10.2)。原查看器的所有控件保持不变；下列新增功能作为新的****工具****侧面板出现，从查看器对话框的右侧边缘滑入。

****表面渲染****

控件	选项	效果
****着色模式****	平滑 · 平面 · 线框 · 点	平滑是原有默认值；平面强调单个三角面；线框仅显示网格结构；点将高度图显示为点云
****网格密度****	低 (64²) · 中 (128²) · 高 (256²) · 超高 (512²)	控制浮雕网格的三角形数量。超高产生微观细节，但仅建议在桌面端使用
****投影****	透视 · 正交	正交投影消除透视缩短，适合测量两个特征之间的相对高度

****颜色与纹理****

控件	选项	效果
****调色板****	照片纹理 · 热成像 · Viridis · 地形 · 灰度 · 深度着色 · 色素密度	照片纹理是原有默认值。新调色板将高度映射到颜色而非使用原始照片，使浮雕结构更易读取
****纹理混合****	0~100%	将所选调色板与照片纹理混合；便于同时查看色素和浮雕
****叠加层****	无 · 区域极坐标网格 · 虹膜胶领环 · 时钟标记	直接在 3D 表面上绘制叠加层。区域极坐标网格与 2D 结果屏幕上的叠加层相同，投影到浮雕上

****光照****

控件	范围	效果
****光源方位角****	0°~360°	定向光的水平角度 - 低角度的"掠射照明"能显著呈现高角度下不可见的细微浮雕
****光源仰角****	0°~90°	定向光的垂直角度
****环境光级别****	0~100%	全局补光 - 较低值加深阴影，产生高对比度浮雕
****预设：掠射 NE/NW/SE/SW****	-	标准虹膜学浮雕检查的一键预设角度

****摄像机预设****

预设	摄像机位置

- | ****俯视**** | 直接俯视 (仰角 90° , 倾斜 0°) — 等同于 2D 照片 |
- | ****横向**** | 约 56° 倾斜, 0° 旋转 — 原有默认值 |
- | ****侧面轮廓**** | 仰角 0° — 纯侧视图, 用于测量虹膜胶领脊高度 |
- | ****3/4 视角**** | 仰角 45° , 旋转 30° — 教科书展示角度 |
- | ****轨道动画**** | 以每秒 10° 绕 Y 轴旋转 360° |

****截面切片器****

切片类型	描述
-----	-----

| ****放射状切片**** | 从瞳孔中心沿用户选择的时钟角度 ($0^\circ \sim 360^\circ$) 向外切割。揭示单一区域的虹膜胶领、睫状体区和外周的浮雕轮廓 |

| ****子午线切片**** | 跨越整个虹膜的水平或垂直切割。适合双侧轮廓比较 |

| ****自由形状切片**** | 在俯视图上拖动线条以定义任意切片路径 |

切片轮廓视图显示：

- Y 轴为高度 (归一化 $0 \sim 1$)
- X 轴为沿切片的距离
- 瞳孔边缘、虹膜胶领位置和虹膜缘处的彩色标记
- 用于视觉比较的参考零线

****差分浮雕****

****高通滤波器**** 滑块从原始高度图中减去高斯模糊副本。较低的滑块值可以从虹膜大尺度全局曲率中分离出细微特征——隐窝、小陷窝、单根纤维。这对于分离那些在视觉上被基质密度大规模变化所主导的钙化结节和小陷窝特别有效。

****立体红蓝模式****

切换****红蓝立体 (红/青) ****以将 3D 视图渲染为红/青立体对。佩戴标准红/青立体眼镜，浮雕呈现令人信服的三维效果，对隐窝和陷窝深度的感知超越单眼旋转视图所能达到的程度。

****双眼双窗格 3D****

****双眼视图****按钮以左侧 OD、右侧 OS 的分割窗格布局打开 3D 查看器。默认情况下，所有控件 (光照、切片器、调色板、摄像机) 在两个窗格之间同步，如需独立检查，可通过****同步****切换解除同步。

****导出格式****

导出	生成内容
****PNG 快照****	当前 3D 视图的 2048 × 1536 像素图像
****转台 MP4****	30fps、H.264 编码的 6 秒 360° 旋转动画
****转台 GIF****	与 MP4 相同，但为 10 帧循环 GIF (文件更小，质量较低)
****STL 网格****	浮雕表面的 3D 可打印网格；可加载到任何 3D 打印切片软件
****OBJ + 纹理****	带纹理网格，可导入 Blender / ZBrush / Three.js 用于教学可视化

> ****注意****：3D 查看器中的高度继续反映亮度而非解剖深度 (参见 §3.10.2)。新调色板和光照模式使细微浮雕更易感知，但不改变这一根本说明。高密度色素区域仍可能显得人为偏高。因此，截面测量是****相对比较****，而非绝对解剖高度。

3.11 高级虹膜研究工具包

研究工具包是从分析结果屏幕底部按钮行访问的新****研究****标签，位于视觉比较按钮之后。它汇集了比标准芯片栏叠加层更专业、并可从专用全屏工作区中受益的工具。

该标签以全屏对话框形式打开，左侧边缘竖向工具栏列出每个工具。选择工具即可在主窗格中激活。所有工具按需计算，并在每次会话中按眼缓存。

> ****目标用户****：**研究工具包**面向正在进行临床研究、在大学或研究所层面教授虹膜学、或发表比较案例研究的从业者。PupilMetrics 的日常临床使用无需使用这些工具。

3.11.1 虹膜橡皮纸展开 (Daugman 归一化)

****功能****

橡皮纸变换将以瞳孔为内边界、虹膜缘为外边界的甜甜圈形虹膜区域，通过将 (半径, 角度) 极坐标映射到 (x, y) 笛卡尔坐标，转换为矩形条带。

展开的虹膜是几乎所有已发表虹膜图像研究中使用的标准形式。每个区域、每根纤维、每个隐窝都成为平面图像中易于检查、测量和跨会话并排比较的垂直条带或局部斑块。

****输出****

512 × 64 像素的矩形图像，其中：

- ****X 轴****表示角度位置 (3 点方向为 0°, 12 点为 90°, 9 点为 180°, 6 点为 270°)
- ****Y 轴****表示归一化半径 (0 = 条带顶部的瞳孔边缘; 1 = 底部的虹膜缘)
- 颜色和色素从原始图像保留

****叠加层****

叠加层	显示内容
时钟刻度	沿顶部边缘的时钟刻度标记 (1~12)
区域带	与八个虹膜学区域对应的垂直阴影带
虹膜胶领线	检测到的虹膜胶领半径处的水平线
区域发现标记	每个 FLAT / PROT / ANW 发现的 (角度 · 半径) 处的点

****临床应用****

- ****一览全部虹膜**** - 无需旋转即可查看全部周长。
- ****扇区比较**** - OD 和 OS 展开条带可叠加 (OS 镜像后) 以直接比较相应扇区。
- ****发表**** - 展开表示是虹膜研究论文中的标准图形; PupilMetrics 现在可以直接导出它。
- ****教学**** - 学生可以看到完整区域环线性排列, 无需围绕圆盘旋转。

3.11.2 放射状纤维方向图

****功能****

基于 §3.10.7 的加博尔滤波器组, 方向图计算展开虹膜每个像素的****主导加博尔方向****, 并将其渲染为色轮编码图像。每个方向 (0°~180°) 映射到色调; 颜色饱和度编码该方向相对于其他方向的主导强度。

****解读****

颜色模式	基质含义
展开条带中均匀的垂直方向 (默认色轮中为品红色)	组织良好的放射状纤维 - **典型神经强健型模式**
水平 (青色) 条纹	同心结构 - 收缩沟、环
旋涡/斑驳	基质紊乱 - 间充质病理型常见
低饱和度灰色区域	无主导方向 - 高密度色素场的典型表现

叠加层

- **方向直方图** - 显示整个虹膜全局纤维方向分布的圆形直方图
- **区域逐一条柱** - 每个区域带下方的小型区域方向优势条柱
- **玫瑰图** - 2D 极坐标虹膜视图上的经典角度直方图

3.11.3 隐窝与陷窝自动检测

功能

隐窝检测器使用三阶段流程识别虹膜基质中的暗色凹陷：

1. **预处理** - 镜面修复 (§3.11.5) 和 CLAHE 归一化。
2. **斑点检测** - 高斯差分 (DoG) 滤波器在多个尺度上标记局部暗色极小值。
3. **形状验证** - 每个候选拟合椭圆；长宽比、实心度和面积根据体质范围进行检查。边缘伪影 (角膜反射、睫毛阴影) 被拒绝。

每次检测在虹膜图像上以青色编号轮廓绘制。详情面板列出每个隐窝及其测量属性。

检测属性 (每个隐窝)

属性	单位	说明
直径	mm	根据 §3.3 中测量的虹膜直径校准
深度 (相对)	0~1	隐窝内部相对于周围基质的暗度
形状类别	叶 · 圆形 · 蜂窝 · 鱼雷 · 缺损征	基于长宽比和实心度
区域	区域名称	从角度位置推导
半径带	瞳孔带 · 营养带 · 睫状体带 · 外周带	基于归一化放射状位置

汇总输出

读数	含义
**隐窝数 (OD/OS) **	每只眼的总检测数
形状分布	形状类别的饼图
区域分布	每个区域数量的条形图
对称性评分	OD/OS 区域直方图交集, 0~100%

临床应用

- **体质分型** - 高峰窝模式数是间充质病理型的标志；虹膜胶领周围的叶/花瓣分布是腺体病理型的特征。

- **结构化报告** - 检测到的隐窝列表可作为 PDF 报告 (§4.3) 的新可选部分，并以 JSON 数据 (§4.5) 导出。

- **纵向追踪** - 每区域隐窝数添加到陷窝主导体质患者的连续扫描时间线 (§3.10.6)。

> **注意：**自动检测是临床辅助工具，不能替代经过训练的视觉评估。低于 0.3mm 校准尺寸阈值的小隐窝有意不予报告。临界检测带有置信值，可在详情面板中过滤。

3.11.4 收缩沟 (神经环) 检测

功能

收缩沟——有时称为**神经环**或**痉挛环**——是虹膜睫状体区的同心圆形沟槽。在经典虹膜学中，它们与神经系统易激性和慢性神经肌肉紧张相关 (参见 §6.2, 植物神经痉挛体质)。

检测器扫描展开的虹膜条带 (§3.11.1) 中的水平暗带，并将每个报告为带有测量属性的环。

输出

列	描述
环 ID	顺序 (环 1 = 最内层)
归一化半径	0~1, 瞳孔→缘
深度	与邻近基质的暗度对比
完整性	环延伸的周长百分比
时钟时段	起始~结束时钟位置

临床应用

- 客观确认植物神经痉挛体质分型中使用的痉挛环征。
- 慢性压力或姿势紧张的纵向监测 - 进行性环加深或新环出现是研究观察标志。

3.11.5 镜面反射修复

功能

光源的角膜反射—虹膜镜 LED 环、头顶灯、吸顶灯—产生与虹膜图像重叠的明亮镜面光斑。这些光斑由于引入非生物性高亮度异常值，会污染 CLAHE、加博尔、LBP、热图和 3D 浮雕读数。

修复工具使用亮度与颜色饱和度阈值的组合检测镜面区域，然后使用从周围像素播种的 Telea 快速行进修复算法重建底层虹膜纹理。

****输出****

视图	显示内容
原始	带有标记检测到的镜面区域的红色透明叠加层的原始虹膜图像
修复后	从邻域重建镜面区域的相同图像

****传播****

设置 (§8.6) 中的****"在叠加层中使用修复图像"***切换 (默认关闭)，将修复后的图像应用于所有其他叠加层工具 (CLAHE、热图、加博尔、LBP、3D 浮雕) 的上游。启用后，这些叠加层在重建图像上运行，以每次会话大约 30% 的额外计算为代价产生更清洁的纹理指标。

> ****重要**** 修复不会改变核心分析流程、瞳孔/虹膜边界检测或存储的扫描记录。它只影响可视化。

3.11.6 异色症扇区映射

****功能****

异色症映射器在展开的虹膜上以 LAB 颜色空间执行 ****k 均值颜色聚类****，识别虹膜中主导颜色与整体虹膜颜色质心显著不同的区域。输出突出显示****扇区异色症****的特征性征象—扇区颜色不对称性，并量化每个偏差扇区的范围。

****输出****

读数	含义
主导颜色 (LAB)	整个虹膜的参考颜色
扇区数	检测到的异色症扇区数量
每扇区详情	时钟时段范围 · 角度跨度 (°) · ΔE (感知颜色距离) · 区域分配
双眼不匹配	中央异色症计数 (OD 与 OS) 标志

结果以带有 ΔE 值标签的彩色轮廓绘制在 2D 虹膜图像上每个异色症扇区周围。辅助展开视图显示跨整个虹膜周长的带状图中的异色症。

临床应用

- **胆汁性/混合体质分型** - 中央异色症是多种胆汁性亚型的定义特征 (§6.2)。
- **局部肝区色素检测** - OD 的 7~9 点扇区是经典的肝区定位；异色症映射客观量化其范围和 ΔE 。
- **先天性与获得性** - 自幼年起有虹膜扇区不对称的患者可通过 §3.11.7 回顾历史图像与获得性色素变化区分。

3.11.7 双眼结构相似度指数 (SSIM-OD/OS)

功能

SSIM (结构相似度指数) 是一种感知图像相似度测量，报告两幅图像在亮度、对比度和结构方面的匹配程度。PupilMetrics 使用 SSIM 量化双侧虹膜对称性：展开两只眼睛 (§3.11.1) 并镜像 OS 以匹配 OD 方向后，在对齐的配对上计算窗口 SSIM 图。

输出

读数 含义
----- -----
全局 SSIM 评分 0~1 ; > 0.85 = 强对称性 · 0.70~0.85 = 中等 · < 0.70 = 不对称
每区域 SSIM 放射状条形图上的八个 SSIM 值，每区域一个
差异图 渲染为彩色图像的逐像素 SSIM 图 (红色 = 低相似性, 绿色 = 高)

临床应用

- **单一数字双侧对称性** - 希望获得 OD/OS 相似性单个汇总数字的从业者可将全局 SSIM 评分用作视觉并排比较的研究级补充。
- **区域特异性不对称** - 单个区域的低 SSIM (其他所有区域均高) 标记该区域的侧向发现，这可能不会被 FLAT/PROT/ANW 阈值单独捕获。
- **会话一致性** - 对同一眼的两次采集 (来自连续会话) 运行 SSIM 可提供客观的图像质量和配准评分；患者扫描历史中 SSIM 下降表明采集技术或设备对准正在漂移。

3.11.8 Frangi 血管性滤波器 — 纤维脊增强

功能

Frangi 血管性滤波器最初为视网膜血管分割而开发，通过在多个尺度上计算图像黑塞矩阵的特征值分析，在每个像素处生成血管性概率。在虹膜成像中，同样的滤波器增强**放射状纤维结构**和**横向纤维**对抗基质背景—产生无加博尔滤波方向偏差的清晰高对比度纤维图。

输出

明亮脊标记检测到的纤维的灰度血管性图。图像使用用户控制的不透明度滑块叠加在原始虹膜上。

派生指标

指标	含义
纤维覆盖率	高于血管性阈值的睫状体区像素百分比
平均纤维厚度	检测到的脊的平均宽度 (mm)
横向纤维数	横向纤维 (非放射方向纤维) 的数量

临床应用

- 视觉评估困难的低对比度深色虹膜的纤维密度量化。
- **横向纤维计数**—**横向纤维**是特定体质标志 (神经强健型)，其自动计数为视觉评估提供客观支撑。

3.11.9 GLCM Haralick 纹理面板

功能

GLCM (灰度共生矩阵) 面板在逐区域基础上计算经典 Haralick 纹理特征。GLCM 量化固定空间偏移处像素值对出现的频率，Haralick 的派生特征将该矩阵汇总为可解释的数字。

报告特征 (每区域)

特征	含义
对比度	局部强度变化 — 纤维区域中较高
均匀性	相邻像素值的相似性 — 色素场中较高
能量	均一性 — 规则模式中较高，随机中较低

| ****熵**** | 无序度 — 紊乱纹理中较高 |
| ****相关性**** | 邻域间的线性可预测性 — 有序纤维走向中较高 |

八行表格（每区域一行）显示针对参考范围进行颜色编码的五个 Haralick 特征。顶部的雷达图将五个特征可视化为五轴剖面。

****临床应用****

- Haralick 特征是医学图像分析文献中发表最广泛的定量纹理描述符；包含它们意味着 PupilMetrics 输出可以与外部研究数据集直接比较。
- 与加博尔 + LBP 结合，GLCM 提供涵盖基质变化完整空间的完整纹理表征三件套。

3.11.10 虹膜签名与会话验证

****功能****

****虹膜签名****是从展开虹膜的加博尔相位码（Daugman 虹膜码）推导出的紧凑生物特征指纹，与扫描记录一起本地存储。签名仅用于一个目的：验证本地扫描历史中的两次扫描对应****同一生物虹膜****——防止患者姓名拼错或两位患者同名时发生错误关联。

****存储内容****

每只眼 256 字节的相位码加 256 字节的掩码。代码不可人工读取。签名****不包含色素、纹理或照片信息****——它严格是用于匹配的二进制代码。

****工作原理****

当为患者打开连续扫描时间线（§3.10.6）时，时间线中的每次扫描使用汉明距离与最近扫描进行比较。匹配的扫描归入单个共享身份；汉明距离超过 Daugman 阈值（0.32）的扫描被标记为琥珀色****"身份不匹配"警告图标**，以便从业者调查。

****隐私****

- 所有虹膜签名****仅本地存储在设备上****（与 §9.5 相同的政策）。
- 签名****从不传输****，从不发送到 CNRI 服务器，从不在任何报告中导出。
- 签名可通过设置中的****"清除所有虹膜签名"按钮**一次性清除。删除扫描记录会删除其关联签名。
- 签名无法反转以重建虹膜图像或照片。

> ****重要****：此功能仅用于内部记录连续性验证。它不是生物特征识别系统，不连接任何外部数据库，不得用于身份验证、访问控制或任何安全相关目的。

3.11.11 多帧融合与超分辨率采集

****功能****

多帧融合不是在质量门通过的瞬间采集单帧，而是在约 0.5 秒内采集 **8 帧连拍**并通过两个互补过程融合：

1. ****图像对齐**** — 使用基于瞳孔和虹膜胶领标志集的归一化互相关，将每帧亚像素配准到最高质量参考帧。
2. ****超分辨率重建**** — 以最高达输入分辨率 2 倍的加权平均，产生传感器噪声减少、镜面反射抑制（跨帧多数表决消除）和有效分辨率提升的单幅输出图像。

****激活时机****

多帧融合是在摄像机模式选择器（§2.2）中按眼启用的可选采集模式。在质量门控模式和 USB / 虹膜镜模式下可用。在 PLR 视频模式（§2.6）下不可用。

****权衡****

因素 单帧 多帧融合
----- ----- -----
采集时间 即时 约 0.5 秒
患者配合 最少 稳定注视 0.5 秒
噪声 存在传感器噪声 噪声减少约 $\sqrt{8} \approx 2.8$ 倍
镜面反射 保留固定模式 如跨帧落在不同虹膜区域则反射减少
有效分辨率 原生传感器 原生最高 2 倍
分析精度 参考流程 相同流程；更高输入质量改善所有纹理和浮雕读数

****临床应用****

- 更高有效分辨率的 Dino-Lite 图像，用于出版质量图形。
- 加博尔 / LBP / Frangi 纹理工具的更清洁输入—融合采集的纹理指标在会话间明显更稳定。
- 无需修复即可减少镜面反射污染。

> ****注意：**** 融合图像及其每帧源帧均保留在扫描记录中。每帧集可在研究标签中检查；融合图像馈入标准分析流程。

3.12 PLR 信号分析增强

版本 6.1+ 通过添加定量信号分析层，大幅扩展了 PLR 视频模式 (§2.6)。现有的瞳孔直径时间序列保持不变；所有新功能均在采集后对该序列进行操作。

3.12.1 收缩动力学 — 速度、幅度、潜伏期

收缩动力学面板从直径迹线中提取四个规范 PLR 参数：

参数	符号	定义	正常成人范围
潜伏期	T_{L}	从刺激开始到首次检测到直径减少的时间	200~280 ms
最大收缩幅度	ΔD_{max}	基线直径与反应中最小直径的差值	1.0~2.5 mm
最大收缩速度	V_{c}	直径迹线一阶导数的峰值	3~7 mm/s
收缩持续时间	T_{c}	从开始到最小直径的时间	700~1,000 ms

每个值与正常成人参考范围一同显示，超出范围时标记。范围可使用 §3.2 中已实现的年龄标准表按年龄组调整。

3.12.2 再散瞳时间 (T75)

T75 是收缩最小值后瞳孔再散瞳至刺激前基线直径 75% 所需的时间。它是瞳孔测量研究中广泛使用的交感神经-副交感神经平衡标志物。

T75 值	解释
< 1.2 秒	快速再散瞳 — 交感神经优势
1.2~2.0 秒	正常范围
> 2.0 秒	散瞳缓慢 — 副交感神经优势、疲劳或药理影响

3.12.3 海马节律 — 自发振荡检测

****海马节律**是安静状态下瞳孔直径的正常生理低频振荡 (通常为 0.1~1 Hz)。海马节律幅度增加是自主神经不稳定的研究观察标志。**

收缩迹线稳定到稳态基线后 (从刺激后约 3 秒开始), PupilMetrics 计算:

指标	含义
海马节律幅度	峰峰值基线振荡幅度, 归一化为平均直径
海马节律频率	0.05~1.5 Hz 频带中的主导频率
海马节律不规则性	连续峰值间隔的变异系数

3.12.4 PLR 迹线的频谱 (傅里叶) 分析

PLR 结果屏幕上的****频谱****标签显示基线直径迹线的功率谱密度 (Welch 方法, 4 秒窗口, 50% 重叠)。频谱以三个生理频率范围的阴影带绘制:

频带	范围	生理关联
极低频	0.04~0.15 Hz	体温调节、体液活动
低频	0.15~0.4 Hz	交感神经调制 (心率 LF 的瞳孔类比)
高频	0.4~1.5 Hz	副交感神经调制 (心率 HF 的瞳孔类比)

LF/HF 比率显示为单一研究观察自主神经平衡代理指标。

> ****仅限研究注意事项**** 所有 PLR 信号分析指标均为实验性。它们受环境光、注视稳定性、眨眼、屏幕闪光一致性和摄像机帧率影响。发表的正常范围假设使用实验室级瞳孔测量仪; 移动摄像机值可能与这些范围存在系统性偏差。仅用于同一患者同一设备内的纵向比较。

4. 患者管理与导出

4.1 患者信息表单

每次扫描前, PupilMetrics 收集以下信息:

字段	必填	说明
-----	-----	-----

****姓名****	是	自由文本；原样存储在扫描记录中
****年龄****	是	整数年数；用于选择年龄标准化组（第 3.2 节）
****性别****	是	男 / 女切换
****主诉****	否	从业者临床备注的自由文本字段；出现在所有导出报告中
****机构/诊所名称****	否	从上次保存的值预填充；通过 SharedPreferences 跨会话持久保存

****诊所名称持久化****

每次在患者信息界面点击****继续****时，诊所名称会自动保存。下次打开表单时，该字段将预填充存储的值，因此每次安装只需输入一次。若要清除，请删除文本并点击继续。

****数据范围****

患者记录完全存储在本地设备上——不向外部服务器传输任何数据。在 Windows 上，数据库存储在应用的应用程序支持目录中（通常为 `%APPDATA%\cnri\pupilmetrics\bexel_scans.db`）。在 Android 和 iOS 上，使用平台的沙盒存储位置。

4.2 扫描历史

每次完成的分析在结果界面加载完成时自动保存到本地 SQLite 数据库。无需手动保存操作。

****打开扫描历史****

平台	打开方式
****Windows****	`Ctrl + H` 键盘快捷键，或结果界面上的扫描历史按钮
****Android / iOS****	结果界面上的扫描历史按钮

****每次扫描存储的内容****

字段	描述
患者姓名、性别、年龄	来自患者信息表单
主诉	采集时从业者备注
扫描日期/时间	分析完成时记录的 UTC 时间戳
OD / OS 图像路径	采集的眼部图像的文件路径（非图像本身）
OD / OS 结果 JSON	完整分析结果：PI 比率、椭圆度、偏心率、ANW 评估、区域发现、置信度
瞳孔不等 JSON	双侧瞳孔大小比较结果

****搜索记录****

扫描历史中的搜索栏可对患者姓名和主诉文本进行匹配。搜索为实时进行——结果随输入更新。所有结果按最新优先排序。

****选项卡****

- ****虹膜扫描**** - 所有标准分析记录 (所有平台)
- ****PLR 测试**** - 瞳孔对光反射视频录制 (仅限移动端; 此选项卡在 Windows 桌面上隐藏, 因为 PLR 视频模式需要手机闪光灯)

****连续扫描时间线****

点击任意虹膜扫描记录上的****时间线图标****, 即可为该患者打开连续扫描时间线。时间线按时间顺序绘制所有匹配扫描的 OD 和 OS PI 比率、椭圆度及置信度评分。详情请参阅第 3.10.6 节。

****Excel 导出****

在 Windows 上, 工具栏中的 ****Excel**** 按钮可将完整扫描历史导出为格式化的 ``.xlsx`` 电子表格。详情请参阅第 4.8 节。

****删除记录****

向左滑动记录 (移动端) 或使用删除按钮 (桌面端) 将其从数据库中删除。关联的图像文件不会自动从磁盘删除。

4.3 PDF 报告

PDF 报告是主要的导出格式。它使用 ``.pdf`` 包在设备上生成, 并保存到设备的文档文件夹 (或在移动端直接共享)。

****如何生成****

在分析结果界面, 点击 ****PDF**** 按钮 (打印机图标)。文档组装过程中出现进度指示器, 然后显示带有已保存文件路径的确认提示栏。

在移动端, 附加的****共享****按钮将 PDF 直接发送到任何接受文件的应用 (电子邮件、云存储、消息应用)。

****报告内容 (按顺序)****

章节	内容
标题	报告标题、应用版本 (v5.3.0)、诊所名称横幅 (如已设置)
患者信息	姓名、性别、年龄、年龄组、主诉
眼部图像	OD 和 OS 照片并排显示 (压缩至最大 2000 像素宽 · 85% JPEG 质量)
瞳孔大小比较	双侧瞳孔不等表: OD%、OS%、差值%、严重程度标签
采集距离指标	OD/OS 虹膜直径 (像素)、大小匹配%、距离匹配状态
右眼分析	等级、PI 比率 + 标签、椭圆度、圆度、偏心率; 区域发现 (FLAT/PROT/ANW) 及严重程度; 瞳孔形态; ANW 参数
左眼分析	与右眼结构相同
研究观察	跨眼模式说明 (双侧 ANW、偏心率模式等)
观察员备注	在区域覆盖层对话框中输入的自由文本备注 (如有)
草药建议	* (如已启用草药模式且存在发现) * 绿色标题章节: 每项发现的卡片 · 含 OD/OS 徽章、器官、病症、草药名称和参考文献计数、免责声明
营养建议	* (如已启用营养模式且存在发现) * 橙色标题章节: 关键营养素、彩色食物组、首个器官支持说明
脊椎指压关联	* (如已启用脊椎指压模式且存在发现) * 紫色标题章节: 脊柱节段、神经根、半脱位指征、练习、体态说明
TCM 关联	* (如已启用 TCM 模式且存在发现) * 红色标题章节: 器官、五行元素、经络时钟、功能、首个证型及症状/方剂、补益食物

自然医学章节仅在以下情况下包含:

1. 相应疗法模块已在设置中启用。
2. 分析发现了该疗法的至少一项适用虹膜发现。

这使 PDF 对仅使用特定疗法体系的从业者保持简洁。

文件名格式

...

PupilMetrics_<患者姓名>_<YYYY-MM-DD_HH-mm>.pdf

...

示例: `PupilMetrics_John_Smith_2026-03-23_14-35.pdf`

4.4 纯文本报告 (TXT)

可从结果界面生成完整报告的纯文本版本。其包含与 PDF 相同的临床内容，但格式便于粘贴到电子健康记录系统、电子邮件或任何文本编辑器。

TXT 报告包含：

- 两只眼睛的所有指标 (PI 比率、椭圆度、圆度、偏心率、区域发现)
- 完整的 ANW 参数章节 (直径、周长、比率、扇区细分)
- 年龄标准化比较
- 瞳孔不等摘要
- 研究观察
- 观察员备注 (如已输入)

TXT 报告****不****包含照片或疗法建议章节。

4.5 JSON 数据导出

JSON 导出提供对完整分析结果的机器可读访问。它旨在与外部临床软件或研究工作流程集成。

****顶级键****

```
```json
{
 "date": "ISO 8601 UTC 时间戳",
 "practice": "诊所名称 (如已设置)",
 "person": { "name", "sex", "age", "mainComplaints" },
 "ageNorm": { "ageGroup", "expectedRange", "measuredMm", "status" },
 "anisocoria": { ... },
 "captureMetrics": { "odIrisDiameterPx", "osIrisDiameterPx",
"sizeMatchPercent", "distanceMatchStatus" },
 "rightEye": { ... 完整 EyeAnalysisResult + anwAssessmentFull ... },
 "leftEye": { ... 完整 EyeAnalysisResult + anwAssessmentFull ... },
 "bilateralANW": { "odRatio", "osRatio", "ratioDifference", "odStatus",
"osStatus", "hasFunctionalFrustration" },
 "observerNotes": "自由文本 (如有)"
}
```
```

每个眼睛对象包含完整的 `EyeAnalysisResult` 字段 (瞳孔/虹膜半径、置信度、所有区域发现、偏心率、椭圆、ANW) 加上包含扇区级详细信息的 `anwAssessmentFull` 块。

4.6 共享与归档

****Windows****

PDF 和 TXT 文件保存到 Windows 文档文件夹。生成后，确认提示栏显示完整文件路径。然后可通过标准 Windows 文件管理将文件附加到电子邮件、复制到共享驱动器或上传到云端电子病历。

****Android / iOS****

点击 ****共享**** (PDF 按钮旁的共享图标) 后，系统共享表单打开。您可以将 PDF 直接发送至：

- 电子邮件 (Gmail、Outlook 等)
- 云存储 (Google Drive、iCloud Drive、Dropbox)
- 消息应用 (WhatsApp、Telegram 等)
- 打印 (iOS 上通过 AirPrint, 或 Android 上通过网络打印机)

****从历史记录重新生成 PDF****

打开扫描历史 (Windows 上按 `Ctrl + H`, 或点击扫描历史按钮)，点击扫描记录，结果界面将使用所有存储的分析数据重新打开。PDF 按钮在历史视图中完全可用，允许您随时重新生成或共享报告。

4.7 Windows 原生打印

****概述****

Windows 原生打印功能可将当前分析结果直接发送到 Windows 打印对话框，让您无需先生成 PDF 文件即可打印报告。

****如何使用****

在分析结果界面，点击****打印****按钮 (打印机图标)。Windows 标准打印对话框将打开，列出所有已安装的打印机。选择打印机、调整页面设置 (方向、纸张大小、份数)，然后点击****打印****。

****打印内容****

打印输出与 PDF 报告内容相同，包括：患者信息、眼部图像、所有分析指标、区域发现，以及已启用的自然医学建议章节。

****注意事项****

- 此功能仅在 Windows 桌面上可用。
- 移动端 (Android / iOS) 请使用系统共享功能通过 AirPrint 或网络打印机打印。
- 打印期间需要已安装且可用的打印机驱动程序。

4.8 Excel 扫描历史导出

概述

Excel 导出功能可将完整的扫描历史数据库导出为格式化的`.xlsx`电子表格文件，便于临床数据分析、患者记录管理和研究工作流程。

如何导出

打开扫描历史(`Ctrl + H`)，然后点击工具栏中的**Excel**按钮。文件生成完成后，确认提示栏将显示已保存文件的完整路径。

电子表格格式

| 列 | 内容 |
|----------|----------------------|
| 患者姓名 | 来自患者信息表单 |
| 性别 | 男 / 女 |
| 年龄 | 整数年数 |
| 主诉 | 从业者备注 |
| 扫描日期 | ISO 8601 格式的 UTC 时间戳 |
| OD PI% | 右眼瞳孔-虹膜比率 |
| OS PI% | 左眼瞳孔-虹膜比率 |
| OD 椭圆度% | 右眼椭圆度 |
| OS 椭圆度% | 左眼椭圆度 |
| OD 偏心率% | 右眼中心偏移 |
| OS 偏心率% | 左眼中心偏移 |
| OD ANW% | 右眼自主神经环比率 |
| OS ANW% | 左眼自主神经环比率 |
| OD 置信度% | 右眼混合置信度评分 |
| OS 置信度% | 左眼混合置信度评分 |
| 瞳孔不等% | 绝对双侧差值 |
| 瞳孔不等严重程度 | 正常 / 轻度 / 中度 / 重度 |
| OD 等级 | A / B / C / D |
| OS 等级 | A / B / C / D |

样式

电子表格使用深青色标题行（白色文字），交替行底纹，以及在第一行上方冻结窗格，以便在大型患者数据集中轻松滚动浏览。

****注意事项****

- 此功能仅在 Windows 桌面上可用。
- 导出文件保存到 Windows 文档文件夹。
- 导出包含数据库中的****所有****扫描记录（不过滤患者）。若需针对特定患者的数据，请在电子表格中使用 Excel 内置过滤器。

5. 自然医学疗法面板

四个疗法模块是核心虹膜分析之上的****可选叠加层****。每个面板从分析流水线获取区域发现（平坦、突出和 ANW 偏移），并将其映射到特定的自然医学框架。它们是面向已在相应疗法领域接受培训的执照从业者的教育和参考工具。

> ****临床免责声明**** 疗法面板仅供教育参考。它们不构成医疗建议，不得作为临床决策的唯一依据。从业者对其输出的任何建议的应用负全责。

5.1 启用疗法模块

每个模块在****设置****中独立切换。禁用的模块不产生面板，也不产生 PDF 章节。

| 模块 | 设置键 | 默认值 |
|--------|--------|-----|
| 草药建议 | 草药模式 | 关闭 |
| 营养建议 | 营养模式 | 关闭 |
| 脊椎指压关联 | 脊椎指压模式 | 关闭 |
| TCM 关联 | TCM 模式 | 关闭 |

打开任意模块，然后运行扫描。如果分析发现符合条件的虹膜区域发现，相应面板将作为选项卡（或章节）出现在结果界面，并追加到 PDF 报告中。

5.2 区域发现如何驱动疗法面板

所有四个引擎共享相同的虹膜区域输入流水线：

****符合条件的发现类型****

| 发现类型 | 徽章 | 排名权重 |
|-------------|----------|-------------------|
| 平坦（空腔/隐窝） | **FLAT** | 严重程度 × 1.2（最高优先级） |
| 突出（隆起扇区） | **PROT** | 严重程度 × 1.0 |
| ANW 偏移（环移位） | **ANW** | 偏差 × 0.8 |

发现按加权评分排名。每个引擎限制显示的卡片数量：

- 草药引擎：最多 ****6 张区域卡片****
- 营养引擎：最多 ****6 张区域卡片****
- 脊椎指压引擎：最多 ****5 张区域卡片****
- TCM 引擎：最多 ****5 张区域卡片****

如果某区域映射到数据库未涵盖的器官，该区域将被静默跳过。不生成建议卡片。

****OD / OS 标注****

每张卡片都带有眼睛徽章（****OD**** = 右眼 / ****OS**** = 左眼），以便从业者了解哪只眼睛产生了发现。虹膜区域图在两眼之间呈镜像：例如，9 点钟区域是右肺（OD）和左肺（OS）；3 点钟区域是左心/心包（OS）和右背/胸膜（OD）。

5.3 草药建议面板

****数据来源****

草药数据库（`assets/therapy/herbal_database.json`）源自 CNRI 5,722 页知识库。其结构为：

...

病症名称 → 草药列表，每种草药带参考文献计数

...

参考文献计数反映引用该草药用于该病症的来源文献数量。计数越高，表示交叉参考支持越广泛。

****工作原理****

1. 引擎获取与触发的虹膜区域关联的器官关键词。
2. 对数据库中所有病症名称进行不区分大小写的前缀搜索。

3. 每个区域返回最多 **4** 个匹配病症，每个病症最多 **6** 种草药（按参考文献计数排名）。
4. 区域按最高严重程度优先排序。

面板显示内容

每张建议卡片显示：

- **眼睛徽章** (OD/OS) 和 **发现徽章** (FLAT/PROT/ANW)
- **区域名称** 及关联器官系统
- 虹膜分析的 **严重程度百分比**
- **匹配病症** - 与该器官相关的 **4** 个病症名称
- 每个病症的 **草药列表** - 草药名称 + 参考文献计数显示为芯片；点击芯片打开来源参考列表
- **证据说明** - **排名最高的草药的参考文献总数**

免责声明条

每张草药卡片底部显示免责声明，PDF 中也会打印。它提醒从业者草药-药物相互作用的存在，以及需要专业监督。

5.4 营养建议面板

数据来源

营养数据库 (`assets/therapy/nutrition_database.json`) 围绕器官系统构建，每个器官条目包含：

- **关键营养素** - 已知支持该器官的维生素、矿物质和辅因子
- **彩色食物** - 按 7 种饮食颜色分组的食物 (红、橙、黄、绿、蓝/紫、白、棕)
- **支持性草药** - 与该器官交叉参考的烹饪和药用草药
- **器官支持说明** - 饮食方法的简要临床依据

7 色饮食框架

颜色体系源自植物营养素文献：每种颜色组提供不同谱系的抗氧化剂、黄酮类化合物和辅因子。面板将颜色组呈现为视觉芯片，使从业者能够为患者提供直观的购物指南。

| 颜色组 | 代表植物营养素 |
|-----|------------|
| 红 | 番茄红素、花青素 |
| 橙 | β-胡萝卜素、橙皮苷 |

| 黄 | 叶黄素、玉米黄质 |
 | 绿 | 叶绿素、萝卜硫素、叶酸 |
 | 蓝/紫 | 白藜芦醇、花青素 |
 | 白 | 槲皮素、蒜素 (葱属植物) |
 | 棕 | 木脂素、β-葡聚糖 (全谷物) |

****当虹膜区域映射到多个器官时**** (例如, 下基底区域映射到肾脏 + 肾上腺 + 腿部), 引擎合并所有匹配器官的营养素、食物和草药列表并去重。每张卡片上的 `matchedOrgans` 列表显示哪些器官提供了数据。

****面板显示内容****

每张卡片显示:

- ****区域和器官****、发现类型徽章、严重程度
- ****关键营养素**** - 按优先级顺序列出
- ****彩色食物网格**** - 每种颜色组最多 4 种食物, 显示为彩色芯片
- ****支持性草药**** - 与草药建议模块有所区别的小型草药芯片
- ****器官支持说明**** - 关于饮食重点的一句话临床依据

5.5 脊椎指压关联面板

****数据来源****

脊柱节段数据直接编译到应用中 (运行时不加载外部资源文件)。区域到节段的映射遵循****瞳孔边缘虹膜学惯例****:

| | |
|---------------------|-------------|
| 虹膜时钟位置 | 脊柱区域 |
| ----- ----- | |
| 12 点钟 (上中央) | 上颈椎 C1-C4 |
| 10-11 / 1-2 点钟 (上部) | 中/下颈椎 C4-C7 |
| 9 / 3 点钟 (中部) | 上胸椎 T1-T6 |
| 7-8 / 4-5 点钟 (下部) | 下胸椎 T7-T12 |
| 6 点钟 (下基底) | 腰椎/骶椎 L1-S3 |

两只眼睛均映射到****同一脊柱**** - 脊柱位于中线, 因此 OD 和 OS 在相同时钟位置的发现指向相同的椎体水平。

****面板显示内容****

每张脊柱节段卡片显示：

| 章节 | 内容 |
|-----------|----------------------------|
| **节段标签** | 例如"上颈椎 C1-C4" |
| **椎骨** | 带常用名称的各椎骨 (例如 C1 寰椎、C2 枢椎) |
| **神经根** | 该水平的出口神经根 |
| **支配结构** | 由这些神经支配的器官和组织 |
| **半脱位指征** | 与该水平固定相关的典型症状 |
| **受影响肌肉** | 该水平神经受损通常涉及的肌肉 |
| **调整方法** | 适用于该区域的标准脊椎指压技术 |
| **练习** | 纠正性练习、拉伸和生活方式建议 |
| **体态说明** | 该脊柱区域特有的人体工程学或体态指导 |

****来源****

Winsor (1921) 交感节段性障碍研究；克利夫兰脊椎指压学院神经-器官图；帕尔默教科书；Jensen 和 Angerer 虹膜学参考文献。

5.6 TCM 关联面板

****数据来源****

TCM 数据编译到应用中 (无外部文件)。每个虹膜区域 × 眼侧组合映射到特定的 TCM 器官系统条目。TCM 图是眼侧特定的：例如，中颞侧区域在 OD 中是****右肺****，在 OS 中是****左心/心包****——这与虹膜学虹膜区域图中已存在的区分相同。

****五行框架****

每个 TCM 器官属于五行 (五行学说) 之一：

| 五行 | 颜色 | 季节 | 气候 | 味道 | 情志 | 感觉器官 |
|-------|-----|----|----|----|--------|------|
| **木** | 绿 | 春 | 风 | 酸 | 怒 / 郁 | 眼 |
| **火** | 红 | 夏 | 热 | 苦 | 喜 / 焦虑 | 舌 |
| **土** | 黄 | 长夏 | 湿 | 甘 | 思 / 过思 | 口 |
| **金** | 白/灰 | 秋 | 燥 | 辛 | 悲 / 忧 | 鼻 |
| **水** | 蓝/黑 | 冬 | 寒 | 咸 | 恐 / 志 | 耳 |

五行颜色用作整个面板的卡片强调色。

****面板显示内容****

每张 TCM 卡片显示：

```
章节	内容
**器官对**	主要器官 + 配对器官 (例如肝 ↔ 胆)
**五行条**	五行名称、季节、气候、情志、味道、属性 (阴/阳)
**经络时钟**	峰值 2 小时能量窗口 (例如肝：凌晨 1-3 点)
**经络功能**	TCM 理论中的主要生理功能
**主管**	主管的身体组织 (例如肝主筋、爪、目)
**证型**	常见的 TCM 失衡证型；每种证型列出症状、经典草药方剂和关键穴位
**穴位**	带简要描述的顶级针压/针灸穴位
**补益食物**	TCM 饮食疗法中滋养该器官的食物
**需适量的食物**	过量食用可能损伤该器官的食物
```

****失衡证型****

每张证型卡片显示：

- 证型名称 (例如"肝气郁结"、"心血虚")
- 以要点形式列出的关键症状
- 经典方剂名称 (例如*逍遥散*、*天王补心丹*)
- 主要穴位 (WHO 标准穴位代码，例如 LV3、HT7)

****来源****

Maciocia (2005)、Deadman & Al-Khafaji (2007)、WHO 穴位标准 (2008)、Pitchford、Flaws, 以及编辑的吉林/上海 TCM 文本。

5.7 综合阅读疗法面板

四个面板被设计为****互补而非冗余****。从业者可能使用：

- ****草药面板**** → 识别受影响器官系统中交叉参考证据最强的特定植物药剂
- ****营养面板**** → 使用同一器官的 7 色食物指南构建饮食方案
- ****脊椎指压面板**** → 识别最可能与该器官存在神经功能关联的脊柱水平
- ****TCM 面板**** → 在五行理论框架内描述临床情况，选择经络穴位，推荐经典方剂

所有四个面板均从相同的虹膜区域发现中提取数据，因此产生草药建议的同一平坦发现也会出现在营养、脊椎指压和 TCM 面板中——允许从业者从单次虹膜分析会话中构建连贯的多模态方案。

6. 体质虹膜学

体质虹膜学是对个体遗传虹膜结构的评估，用于识别长期生理倾向、器官易感性和体质健康模式。PupilMetrics 实施 Dr. Josef Deck 的分类系统，该系统经由 Dr. Bryan K. Marcia 的 CCVE 手稿扩展和注释。

> ****平台说明：**** 体质类型选择器仅在 ****Windows 桌面****上可用。当在 Windows 会话中选择了某种类型时，体质面板和 PDF 章节会在所有平台上显示。

6.1 背景与理论基础

体质虹膜学起源于德国虹膜学家 Dr. Josef Deck，其 20 世纪中叶的工作系统地将虹膜结构模式分为重复的体质类别。与地形虹膜学（将特定虹膜区域映射到特定器官）不同，体质分型聚焦于虹膜的****整体纤维纹理、色素模式和结构质量****——为理解患者的基线反应性、优势和长期易感性提供框架。

该系统由俄罗斯医学虹膜学家 Sergei Velhover 教授和欧洲及苏联虹膜学传统的其他人进一步发展。Dr. Bryan K. Marcia 的 CCVE 手稿（PupilMetrics 实现的知识基础）将 Deck 的原始框架与德国顺势疗法研究相整合，将每种体质类型与临床实践中记录的特定顺势疗法药物亲和性相关联。

****关键原则：**** 体质类型描述遗传性地形——它表明*倾向和易感性*，而非当前疾病状态。体质模式提示在患者一生中哪些器官系统可能需要监测或支持，而非当前急性问题。始终需要与症状、病史和其他检查发现进行临床相关性验证。

6.2 34 种体质类型

PupilMetrics 包含 34 种体质类型，按六组组织：

第 1 组 — 淋巴型（8 种类型）

淋巴体质在浅色眼睛人群中最为常见。基础虹膜通常为浅蓝灰色，具有清晰的丝状或波状纤维。亚型由白点（白色结缔组织沉积物）的存在和特征、色素沉着和纤维排列来定义。

| 类型 | 主要特征 | 主要倾向 |
|-------------------------|------------------|-----------------------------|
| **纯淋巴型** | 色素稀少，清晰放射状纤维 | 淋巴充血、过敏、上呼吸道卡他、风湿倾向 |
| **神经源性敏感型** * (神经淋巴型) * | 细、紧、“梳状”纤维 | 中枢神经系统敏感、偏头痛、自主神经功能障碍、神经过敏性 |
| **神经源性健壮型** | 双层厚放射线，横行线 | 神经活力良好，但浆膜易感性；过度劳累导致神经衰竭 |
| **淋巴-发育不全型** | 增厚领圈、隐窝、瞳孔区混浊 | 消化/吸收受损、胃功能不足、抵抗力降低 |
| **水肿型-水化型** | 圆形、轮廓清晰的白色至灰白色白点 | 强过敏/渗出倾向、哮喘、湿疹、天气相关风湿 |
| **水肿型-风湿型** | 白点与淋巴区域有绳状连接 | 比基础水化型更显著的风湿倾向；生态失调 |
| **经典风湿型** | 透明白点和细条；皮质缘 | 渗出性体质、链球菌风湿组、关节疼痛、慢性过敏 |
| **风湿-尿酸型** | 基质中增强的斑块和细条 | 尿酸体质；尿酸盐结石倾向；肝/肾尿酸代谢障碍 |

第 2 组 — 血液型 (2 种类型)

血液体质以均匀深棕色虹膜、天鹅绒般纹理和重色素沉着为特征。与血液和代谢性疾病相关。

| 类型 | 主要特征 | 主要倾向 |
|------------|----------------|---------------------------|
| **血液型 I** | 致密天鹅绒棕色虹膜，沙木光斑 | 血液成分障碍；肝脏和胰腺代谢性疾病 |
| **血液型 II** | 棕色巩膜色素；内分泌体征 | 动脉硬化、胆结石、痔疮、静脉炎、甲状腺和内分泌疾病 |

第 3 组 — 胆汁/混合型 (9 种类型)

胆汁/混合型虹膜显示分散的棕色色素覆盖较浅的基质——产生带有蓝绿色调的浅棕色外观。肝脏、胆囊和胆道是主要器官关联。

| 类型 | 主要特征 | 主要倾向 |
|-------|-------|-------|
| ----- | ----- | ----- |

| **经典胆汁型** * (混合虹膜) * | 浅棕色虹膜；致密营养区色素 | 肝/胆充血；消化错误；便秘、腹胀、血糖不稳定 |

| **铁色素沉着型** | 围绕领圈的金棕色/红棕色色素 | 肝实质损伤；脂肪代谢困难；疲劳；抑郁 |

| **风湿-尿酸-体质障碍型 1 组** | 中央异色症；肝区斑块/白点、痉挛环 | 风湿病；尿酸代谢障碍；胃液分泌失衡 |

| **风湿-尿酸-体质障碍型 2 组** | 强色素沉着；皮质缘；分散肝色素 | 慢性炎症倾向增加 (鼻窦炎、阑尾炎、扁桃体炎) |

| **风湿-体质障碍-肝型** | 明显白点/斑块色素；肝区变暗 | 慢性风湿合并肝功能障碍；生态失调 |

| **风湿-尿酸-体质障碍-肝型** | 全虹膜色素沉着；尿酸云；进展斑块 | 慢性风湿、尿酸并发症、肝胆受累 |

| **风湿-关节病型** | 混合虹膜；棕/黄白点色素；边缘色素 | 关节炎性慢性风湿病；肝/肾代谢失调 |

| **风湿-关节病-体质障碍型** | 较强白点/斑块色素；尿酸颗粒 | 退行性关节病；消化不良；胃液分泌障碍 |

| **关节病-体质障碍-酶缺乏型** | 血液型过渡；风湿斑块；胃区轮廓 | 肝、胰腺、胃肠道疾病；尿酸、血脂、血糖升高 |

第 4 组 - 病理性体质 (6 种类型)

病理性体质代表遗传性结构弱点模式，可识别为空腔、缺陷标记或角膜体征，与原发虹膜颜色无关。

| 类型 | 主要特征 | 主要倾向 |
|--------------------------|---------------------|----------------------------|
| **腺体病理型** | 领圈周围花瓣状空腔；扩张领圈 | 内分泌/外分泌腺体弱点；糖尿病易感；焦虑、抑郁 |
| **免疫病理型** | 灰/黑物质缺陷点；领圈缺失或断裂 | 免疫抵抗力差；频繁感染；体力耐久性差 |
| **心脏病理型** | 领圈 3 点钟 (心区) 开放缺陷标记 | 先天性左心功能不全风险；心内膜炎/心肌炎易感性 |
| **植物神经-痉挛型** * (隐性强直型) * | 痉挛环 (圆形收缩沟)；放射褶皱 | 神经肌肉张力升高；痉挛；偏头痛；焦虑；低钙血症 |
| **间充质病理型** * (结缔组织弱型) * | 大而多的空腔；蜂窝状模式；不规则领圈 | 遗传性结缔组织弱点；静脉曲张；脱垂；脊柱半脱位；骨折 |

| ****高脂血症病理型**** | 老年环/胆固醇环 (角膜体征·非虹膜) | 血脂升高; 早发性动脉硬化; 中风风险; 肝/脂肪代谢障碍 |

第 5 组 — 综合征 (6 种类型)

综合征代表涉及特定器官配对的复合体质表达·在特定虹膜扇区中表现为空腔模式。

| 类型 | 主要特征 | 主要倾向 |

|-----|-----|-----|

| ****心-肾综合征**** | 心区和肾区 (左虹膜) 空腔; 皮质缘 | 左心 + 肾功能不全; 水肿; 呼吸困难; 始于中年 |

| ****心-腹部综合征**** | 大心区空腔; 结肠空腔; 脾曲领圈扩张 | 结肠充血机械性压迫心脏; 腹胀; 心源性呼吸困难 |

| ****胰腺综合征**** | 胰腺扇区和支气管区域空腔 | 多腺体功能不全; 遗传性支气管和胰腺弱点; 儿童期感染 |

| ****肝-胃综合征**** | 肝区肝色素; 幽门到肝区的放射/横行线 | 肝/胆囊障碍; 可能的侵蚀性溃疡; 黄疸倾向 |

| ****肝-脾综合征**** | 脏黄睫状色素; 深脾区 (脾三联征) | 脾肿大; 静脉充血; 病毒感染; 胰腺分泌功能障碍 |

| ****肝-肾综合征**** | 绿棕黄色"肝虹膜"; 肝肾区横行线 | 全范围肝肾疾病; 食物耐受性差; 低血压 |

第 6 组 — 癌前体质 (3 种类型)

癌前体质描述与慢性中毒、代谢滞留和新生物风险增加相关的遗传性体质。这些在临床解读中需要最高度谨慎·在没有完整临床背景的情况下绝不可传达给患者。

| 类型 | 主要特征 | 主要倾向 |

|-----|-----|-----|

| ****银屑病型**** | 睫状区带隐窝; 领圈附近开放/闭合空腔; 瞳孔不等 | 免疫系统病理; 过敏性疾病; 皮疹; 药物耐受性降低 |

| ****梅毒型**** | 深色瞳孔区; 因收缩沟较亮的睫状区; 皮质缘 | 病毒/细菌免疫敏感性; 内分泌障碍; 湿疣; 关节炎 |

| ****碳氮型**** | 深色瞳孔隐窝; 黄棕色体液区; 皮质缘; 脾三联征 | 碳/氮废物积累; 因滞留毒素导致的新生物倾向; 动脉硬化 |

6.3 选择体质类型

体质类型选择在**“双眼已采集”**界面进行，该界面在左右眼照片均已拍摄后出现。此时从业者可并排看到两张眼部图像——这是进行体质评估的适当时机，因为 Deck 的系统需要对两个虹膜一起评估。

选择类型（仅限 Windows 桌面）：

1. 完成右眼采集（共 2 步中的第 1 步）。
2. 完成左眼采集。当两张图像均存在时，界面标题变为**“双眼已采集”**。
3. 向下滚动到眼部图像对下方。可见带琥珀色边框、标有**“体质类型（可选）”**的面板。
4. 点击下拉菜单打开它。类型按组组织，带有不可选择的组分隔符。
5. 选择适当的类型。类型名称在下拉菜单下方确认。
6. 将下拉菜单保留为**“无（未评估）”**以从分析和 PDF 中完全省略体质章节。
7. 点击**“分析双眼”**继续。

> **会话持久性：** 选择的类型在当前会话期间保存在内存中。如果您导航回**“双眼已采集”**界面，之前选择的类型会被恢复。从主界面开始新扫描会话时，选择将被清除。

评估方法： 体质分型需要经验，理想情况下需在放大条件下（裂隙灯或虹膜镜）评估虹膜。从业者应考虑：

- **虹膜基础颜色** — 蓝灰色 → 淋巴组；深棕色 → 血液型；浅棕色/混合 → 胆汁/混合型
- **纤维密度和纹理** — 紧/丝状 vs. 松/波状 vs. 带空腔的组织
- **白点和斑块** — 结缔组织沉积物的存在、清晰度和颜色
- **色素模式** — 中央异色症、皮质缘、肝区色素、分散斑点
- **特殊结构** — 痉挛环、心区缺陷标记、老年环/高脂血症环

当体质组别清晰但确切亚型不确定时，选择基础类型（例如*纯淋巴型*、*经典胆汁型*、*血液型 I*）优于猜测复杂亚型。

6.4 分析结果中的体质面板

当选择了体质类型时，分析结果界面会出现带琥珀色边框的**“体质虹膜学”**面板，位于**“双侧比较”**卡片之后、**“自然医学疗法”**面板之前。

面板包含三个可折叠章节：

| 章节 | 内容 | 默认状态 |

|-----|-----|-----|
| ****虹膜描述**** | 定义该体质类型的虹膜结构和色素特征的完整描述 | **展开** |
| ****健康易感性**** | 与该体质相关的器官系统、疾病倾向和生理模式的要点列表 | **展开** |
| ****顺势疗法药物**** | 显示来自 Dr. Marcia CCVE **研究**、对该类型具有体质亲和性的德国顺势疗法药物的芯片标签 | **折叠** |

点击任何章节标题可独立展开或折叠。

> ****与区域发现的关系**** 体质面板独立于自动虹膜区域分析。区域发现（平坦、突出、ANW 偏移）反映当前或后天变化；体质类型反映遗传性结构地形。两种视角互补，旨在一起阅读。

6.5 PDF 报告中的体质章节

当选择了体质类型时，导出的 PDF 包含专用的****体质虹膜学****章节，插入在双侧 ANW（领圈）评估和自然医学疗法章节之间。

PDF 章节使用轻量、打印优化的布局：

| **部分** | **外观** |
|-----|-----|
| 标题栏 | 温暖的奶油色背景—体质名称加粗，组别徽章为实心琥珀色 |
| **虹膜描述** | 浅蓝色调背景，黑色正文 |
| **健康易感性** | 浅桃色调，黑色短划线要点列表 |
| **顺势疗法药物** | 浅绿色调，药物芯片带深绿色文字和边框 |
| 页脚 | 灰色斜体—****基于 Dr. Josef Deck 的体质虹膜学—仅供教育参考。**** |

如未选择体质类型，PDF 中完全省略该章节。

6.6 临床指导与局限性

****需要培训**** 准确的体质分型需要接受正式的虹膜学培训。不熟悉体质虹膜学的从业者应在临床使用此功能前完成专门培训。

****非诊断**** 体质模式描述遗传性倾向，而非诊断。具有心脏病理型体质的患者有遗传性结构易感性—他们不一定患有心脏病。体质发现必须始终结合患者的完整病史、症状和常规医学评估进行解读。

****顺势疗法药物。每种类型所列的药物亲和性反映来自 CCVE 研究基础的传统德国顺势疗法-虹膜学关联。它们**仅供教育参考**。**顺势疗法处方是个体化的，需要正式的顺势疗法培训；单凭体质类型不构成处方。

****癌前体质。银屑病型、梅毒型和碳氮型在传统体质虹膜学中带有"癌前"标签。这描述的是遗传性代谢地形，而非癌症的预测或诊断。在未经合格肿瘤科医生完整评估的情况下，这些发现**绝不**可作为癌症风险传达给患者。在此类传达可能构成无执照诊断声明的司法管辖区，从业者必须特别谨慎。**

****仅限 Windows 选择。体质下拉菜单仅在 Windows 桌面上可用。如果在 Windows 会话中选择了类型，体质面板和 PDF 章节将在所有平台上显示—但类型无法在移动端修改。**

7. 导出 PDF 报告

7.1 影响 PDF 输出的因素

PDF 报告在点击导出按钮时组装。多个设置影响其最终内容：

| |
|---|
| 设置 对 PDF 的影响 |
| ----- ----- |
| **在 PDF 中包含图像** (默认开启) OD 和 OS 照片并排嵌入在第 1 页。关闭此选项将生成较小的纯文本文档 |
| **机构/诊所名称** 出现在每个页眉报告标题下方的青色横幅中 |
| **语言** 整个报告—章节标题、指标标签、状态标签、发现描述—以当前活动的应用语言生成 |
| **草药/营养/脊椎指压/TCM 模式** 每个启用的模块在报告末尾添加一个章节，但仅在至少存在一项符合条件的发现时 |
| **自动保存 PDF** (默认关闭) 启用后，每次分析结束时自动保存 PDF，无需手动点击 |

7.2 报告语言

PDF 使用导出时的活动界面语言生成。所有可本地化字符串—包括指标名称、区域发现描述、ANW 状态标签、年龄组名称和疗法章节标题—均从屏幕界面使用的同一本地化表中提取。

支持的语言：英语、西班牙语、葡萄牙语 (巴西)、法语、德语、日语、韩语、意大利语。

要以特定语言导出报告，请在点击 PDF 按钮前在设置中切换应用语言。之后可立即切换回来。

7.3 文件命名与保存位置

文件名格式

\\`
PupilMetrics_<患者姓名>_<YYYY-MM-DD_HH-mm>.pdf
\\`

患者姓名中的空格保留。时间戳使用本地时间。

保存位置

| 平台 | 默认保存路径 |
|-------------|--|
| **Windows** | `%USERPROFILE%\Documents\PupilMetrics_<姓名>_<日期>.pdf` |
| **Android** | 应用文档目录 (可通过文件应用访问) |
| **iOS** | 应用文档目录; 使用共享发送到文件、iCloud 等 |

自动保存

启用自动保存 PDF 后, 分析完成后立即静默写入文件。不出现对话框。提示栏确认路径。在移动端, 文件保存在本地; 然后可手动共享。

7.4 图像压缩

包含图像时, 每张眼部照片在嵌入前被压缩以保持 PDF 文件大小合理:

- 最大宽度: **2,000 像素**
- JPEG 质量: **85%**

非常大的虹膜镜图像 (例如 Dino-Lite 全 5 MP 分辨率) 会自动缩小。这将典型 PDF 大小保持在 1-4 MB 范围内, 在打印输出中不会造成可见的临床细节损失。

7.5 重新生成 PDF

存储在扫描历史中的任何过往扫描都可以随时重新生成其 PDF:

1. 打开扫描历史 (Windows 上按 `Ctrl + H`, 或点击扫描历史按钮)。
2. 点击扫描记录。
3. 完整结果界面使用所有存储的数据重新打开。
4. 点击 PDF 按钮生成新报告。

重新生成的 PDF 将使用**当前**应用语言和**当前**诊所名称设置, 如果自原始扫描以来设置已更改, 这可能与原始扫描不同。

8. 设置与自定义

设置通过 SharedPreferences 存储，在应用重启后持久保存。在 Windows 上，设置在应用更新后仍保留。没有专用的设置界面—所有设置均可从**标题栏菜单**（Windows）或**移动端主菜单**访问。

8.1 完整设置参考

摄像头与采集

| 设置 | 默认值 | 选项/范围 | 效果 |
|--------------|-----------|--|--------------------|
| 首选摄像头 | Dino-Lite | `dino_lite`、`usb_camera`、`auto_detect` | 在摄像头模式选择器页面预选摄像头来源 |
| 默认缩放 | 1.0x | 1.0x-4.0x | 标准摄像头打开时应用的起始缩放级别 |

缩放滑块将存储的 0.0-1.0 值映射到 1.0x-4.0x 的显示范围（公式： $\text{显示} = 1.0 + \text{存储} \times 3.0$ ）。设置缩放存储值为 0 = 1.0x 显示（无缩放）。

报告与 PDF

| 设置 | 默认值 | 效果 |
|--------------------|-----|------------------------------|
| 自动保存 PDF | 关闭 | 每次分析结束时自动保存 PDF |
| 在 PDF 中包含图像 | 开启 | 在 PDF 中嵌入 OD/OS 照片；关闭以减少文件大小 |

分析显示

| 设置 | 默认值 | 效果 |
|-----------------|-----|---|
| 显示 ML 比较 | 开启 | 在结果界面的经典 CV 结果旁边显示 ML 模型的原始输出值，供从业者参考 |
| 显示区域覆盖层 | 开启 | 在结果界面的虹膜照片上启用交互式极坐标区域覆盖层；点击区域查看发现详情并添加观察员备注 |

机构信息

| 设置 | 默认值 | 效果 |
|----|-----|----|
|----|-----|----|

| ****机构/诊所名称**** | * (空) * | 此处 (或患者信息表单上) 输入的文字作为青色横幅出现在每份报告标题中 |

自然医学模块

```
设置	默认值	效果
**草药模式**	关闭	启用草药建议面板和 PDF 章节
**营养模式**	关闭	启用 7 色饮食营养面板和 PDF 章节
**脊椎指压模式**	关闭	启用脊椎指压脊柱关联面板和 PDF 章节
**TCM 模式**	关闭	启用中医经络面板和 PDF 章节
```

所有四个疗法开关均独立。仅启用与您的实践相关的疗法。

8.2 语言

应用内置 15 种语言。从语言选择器 (Windows 标题栏中的地球图标，或移动端主菜单中的语言选项) 更改语言。

```
代码	语言
`en`	English
`es`	Spanish
`pt_BR`	Portuguese (Brazil)
`pt`	Portuguese (Portugal)
`fr`	French
`de`	German
`ja`	Japanese
`ko`	Korean
`it`	Italian
`zh`	Chinese (Simplified)
`ar`	Arabic
`hi`	Hindi
`pl`	Polish
`ru`	Russian
`tr`	Turkish
```

> ****阿拉伯语注意事项**** 当语言设置为阿拉伯语 (`ar`) 时，整个应用界面以从右至左 (RTL) 方向显示。PDF 报告同样以 RTL 布局生成。

语言偏好在会话之间记忆。PDF 报告遵循导出时的活动语言 (参见第 7.2 节)。

8.3 区域覆盖层与观察员备注

当**显示区域覆盖层**开启时，结果界面上的虹膜照片显示交互式极坐标覆盖层。每个时钟小时扇区均可点击：

- 点击任意区域以打开其详情面板，显示该区域中的所有 FLAT/PROT/ANW 发现、关联器官系统以及**观察员备注**的文本字段。
- 每个被点击的区域会以 `区域名称 - 器官系统` 的格式自动追加到观察员备注字段。点击同一区域两次不会创建重复条目。
- 可在观察员备注字段中直接输入附加自由文本评注，与自动填充的条目并列。
- 观察员备注作为命名章节包含在 TXT 报告和 PDF 报告的"观察员备注/区域覆盖层"下。
- 备注为会话本地——不在会话之间存储到数据库中。

虹膜体征查找器 (添加发现)

在观察员备注字段下方，**添加发现**面板允许从业者当前选定的区域记录结构化虹膜体征观察。这基于 Bexel IRINA 临床分类系统。

工作流程：

1. 点击极坐标覆盖层上的任意区域——**区域名称和器官系统**显示并锁定。
2. 点击琥珀色**添加发现**标题以展开面板。
3. 从下拉菜单中选择**异常类型**。器官特定类型自动出现在列表顶部：

| 异常类型 | 说明 |
|----------------------------|-----------------|
| --- | --- |
| 基质改变 | 结构纤维变化；选择亚型 |
| 有机色素斑 | 色素沉积；自动生成临床结论 |
| 沉积 | 微循环/结缔组织变化；自动结论 |
| 毒性放射线 | 放射沟纹模式；选择亚型 |
| 异色症 | 色素变异；选择亚型 |
| 皮质缘 * (仅限肺区) * | 局部中毒指征；自动结论 |
| 适应性环/弧 * (仅限肺区) * | 支气管痉挛易感性；自动结论 |
| 自主神经环异常 * (仅限心脏区) * | 心血管区域 ANW 不规则 |

4. 如果选定类型有**亚型**，点击适当的芯片（例如**空腔**、**充血性沟**、**扇形色素沉着过度**）。
5. 具有已知临床意义的类型显示从虹膜学参考数据库提取的自动**结论**文本。
6. 点击**添加到备注** - 结构化条目以以下格式追加到观察员备注字段：

...

[区域名称] 异常类型 > 亚型
→ 临床结论文本 (如适用)
...

7. 选择器自动重置，准备好记录下一个区域发现。

> ****注意：**** 临床术语 (基质改变、空腔、充血性沟等) 无论应用显示语言如何，均故意保留为原始拉丁/希腊文形式，作为标准虹膜学参考语言。面板界面标签 (添加发现、异常类型、亚型、结论、添加到备注) 已完全本地化为所有 15 种支持的语言。未来更新将向数据库添加更多器官特定体征类型。

8.4 ML 对比面板

当****显示 ML 比较****启用时，结果界面在每只眼睛的主分析卡片下方显示辅助卡片。此卡片显示原始 ONNX 模型输出：

```
ML 输出	描述
PI 比率 (ML)	模型独立的瞳孔-虹膜比率估算
椭圆度 (ML)	模型椭圆度输出 (注意：校准数据显示当前模型的输出近乎恒定)
偏心率 (ML)	模型偏心率输出 (同样的校准注意事项)
ML 合理性	混合置信度评分的 ML 组件
```

此面板主要面向希望在经典 CV 结果旁边检查原始模型输出的从业者。在常规临床使用中，保持开启不会产生任何负面影响。

8.5 关于与支持

从标题栏 (Windows : 帮助菜单 → 关于) 访问关于对话框，查看：

- 应用版本
- CNRI 协议参考
- 版权声明 (© 2024-2026 PupilMetrics Research)
- CNRI 官网和隐私政策的链接
- 支持邮箱：`helpdesk@cnri.edu`

8.6 高级研究工具包设置

版本 6.1+ 中引入的所有新工具默认均为关闭状态 (另有说明除外)。每个工具可独立切换。

| 设置 | 默认值 | 选项 | 效果 |
|---------------------|-----------------------|----------------|---------------------------|
| **加博尔芯片启用** | 开 | 开 / 关 | 在分析结果屏幕上添加/移除加博尔芯片 |
| **加博尔尺度** | 4 | 1~6 | 加博尔滤波器组中的空间频率数 |
| **加博尔方向** | 8 | 4、6、8、12 | 加博尔滤波器组中的方向数 |
| **LBP 芯片启用** | 开 | 开 / 关 | 添加/移除 LBP 芯片 |
| **LBP 半径** | 1 | 1、2、3 px | LBP 算子的邻域半径 |
| **3D 查看器 - 默认调色板** | 照片纹理 | 参见 §3.10.2E | 3D 浮雕查看器的起始调色板 |
| **3D 查看器 - 默认网格密度** | 中 (128 ²) | 低 · 中 · 高 · 超高 | 起始网格分辨率 |
| **在叠加层中使用修复图像** | 关 | 开 / 关 | 对所有纹理叠加层使用镜面修复图像 |
| **隐窝检测器启用** | 关 | 开 / 关 | 在结果和 PDF 中自动检测并报告隐窝 |
| **隐窝检测器最小尺寸** | 0.3 mm | 0.2~0.8 mm | 报告隐窝的尺寸阈值 |
| **收缩沟检测器** | 关 | 开 / 关 | 自动检测神经环 |
| **虹膜签名记录** | 关 | 开 / 关 | 记录虹膜签名以进行会话验证 |
| **多帧融合默认值** | 关 | 开 / 关 | 默认采集模式开启多帧融合 |
| **PLR - 扩展分析** | 开 | 开 / 关 | 在 PLR 采集中计算 T75、海马节律和频谱分析 |

9. 临床与法律免责声明

9.1 预期用途

PupilMetrics 是供受过虹膜学、自然医学或相关领域培训的执照医疗从业者使用的****研究和教育工具****。它旨在协助观察和记录虹膜及瞳孔特征，作为更广泛临床评估的一部分。

PupilMetrics ****不是****医疗器械。它未经任何监管机构 (FDA、CE、TGA 或同等机构) 批准、许可或认证用于任何医疗背景的诊断用途。

9.2 非医疗诊断

PupilMetrics 生成的所有测量、发现和报告—包括 PI 比率、椭圆度、偏心率、区域发现、ANW 评估、瞳孔不等读数、年龄标准化比较、混合置信度评分以及所有疗法面板内容—均：

- ****仅供观察和教育****
- ****非诊断结论****

- ****不能替代执照医疗或联合卫生从业者的临床检查****
- ****不旨在指导、改变或替代任何医疗治疗****

使用本软件的从业者对与其输出相关的所有临床决策负全责。

9.3 疗法面板免责声明

每个疗法面板均带有自己的免责声明，也出现在 PDF 报告中：

```
面板	免责声明文本
**草药**	"草药建议仅供教育目的。使用前请咨询合格的医疗从业者。"
**脊椎指压**	"脊椎指压信息仅供教育目的。请咨询执照脊椎指压医师进行诊断和治疗。"
**TCM**	"TCM 信息仅供教育目的。请咨询执照针灸师或 TCM 从业者。"
**营养**	饮食信息遵循 7 色饮食教育框架。个体营养需求各异；请咨询注册营养师获取个性化指导。
```

草药与药物存在相互作用。草药建议必须在首先与合格从业者审查患者当前用药和病史后方可应用。

9.4 PLR 视频模式

瞳孔对光反射 (PLR) 视频模式带有额外的仅限研究免责声明：

> "结果不是医疗诊断。请咨询医疗专业人员。"

PLR 分析是实验性功能。速度、幅度和潜伏期测量取决于环境照明、摄像头帧率和闪光一致性。它们仅应由接受过瞳孔测量学培训的从业者解读，且仅作为完整临床情况的一个组成部分。

9.5 数据隐私

所有患者数据——姓名、年龄、扫描记录、图像——均****仅存储在设备本地****。不向 CNRI 服务器、云服务或任何第三方传输患者数据。许可证验证仅传输机器生成的许可证密钥和激活状态；不包含患者标识符。

从业者有责任确保本地数据存储及任何后续导出报告共享符合其司法管辖区适用的患者隐私法律 (HIPAA、GDPR、澳大利亚隐私法等)。

9.6 图像保留

采集的眼部图像作为文件存储在应用的本地存储目录中。从扫描历史中删除扫描记录会删除数据库条目，但**不会**自动从磁盘删除图像文件。要完全删除患者数据，从业者还必须从设备文件系统中删除关联的图像文件。

9.7 知识产权

虹膜区域参考图和临床阈值数据基于 Dr. Bryan K. Marcia 2004 年 CNRI 参考图表。草药数据库源自 CNRI 知识库材料。ONNX 模型（`cnri_model.onnx`）是 CNRI 的专有财产。所有内容均为 © 2024-2026 PupilMetrics Research。未经授权分发、逆向工程或提取任何嵌入数据库或模型均被禁止。

9.8 高级功能的仅限研究免责声明

版本 6.1+ 中添加的所有工具均扩展并遵守现有第 9 节中的每一条免责声明。此外，以下仅限研究的通知专门适用于高级工具包：

****纹理分析工具（加博尔、LBP、GLCM、Frangi）。**** 纹理指标从像素强度和图像梯度信息计算得出。它们受采集照明、白平衡和摄像机特性的影响。值应在同一患者和同一设备内纵向解读；跨设备和跨从业者比较需要 PupilMetrics 不执行的校准。

****自动检测工具（隐窝、收缩沟、异色症扇区）。**** 自动检测是算法建议，而非临床发现。每次检测都应由经过训练的从业者进行视觉验证。低于报告置信阈值的检测尤其容易出现来自镜面反射、睫毛阴影或图像噪声的假阳性，即使在应用镜面修复之后也是如此。

****虹膜签名与会话验证。**** 虹膜签名匹配系统仅是内部记录关联辅助工具。它不是生物特征识别系统。不得用于身份验证、访问控制、安全、法医鉴定或任何监管目的。签名本地存储在设备上；从不传输，无法导出。

****PLR 信号分析。**** 收缩动力学、再散瞳时间、海马节律和频谱参数是实验性研究指标。参考范围来源于使用实验室级设备的已发表瞳孔测量文献；移动摄像机 PLR 采集可能产生与这些范围的系统性偏差。绝对值不得用于临床决策；患者内纵向比较是预期使用场景。

****知识产权。**** 加博尔、LBP、Frangi、GLCM 和 SSIM 算法是公共领域的数学方法。特定参数化、临床解释映射（纤维密度→体质类型、LBP 直方图→淋巴性/血液性分类等）以及虹膜签名实现是 CNRI 的专有财产，© 2024-2026 PupilMetrics Research。

PupilMetrics 用户手册结束 - 版本 6.1 · CNRI

> 如需技术支持，请发送电子邮件至 [**helpdesk@cnri.edu**](mailto:helpdesk@cnri.edu) 或访问 [**cnri.edu**](http://cnri.edu)。