

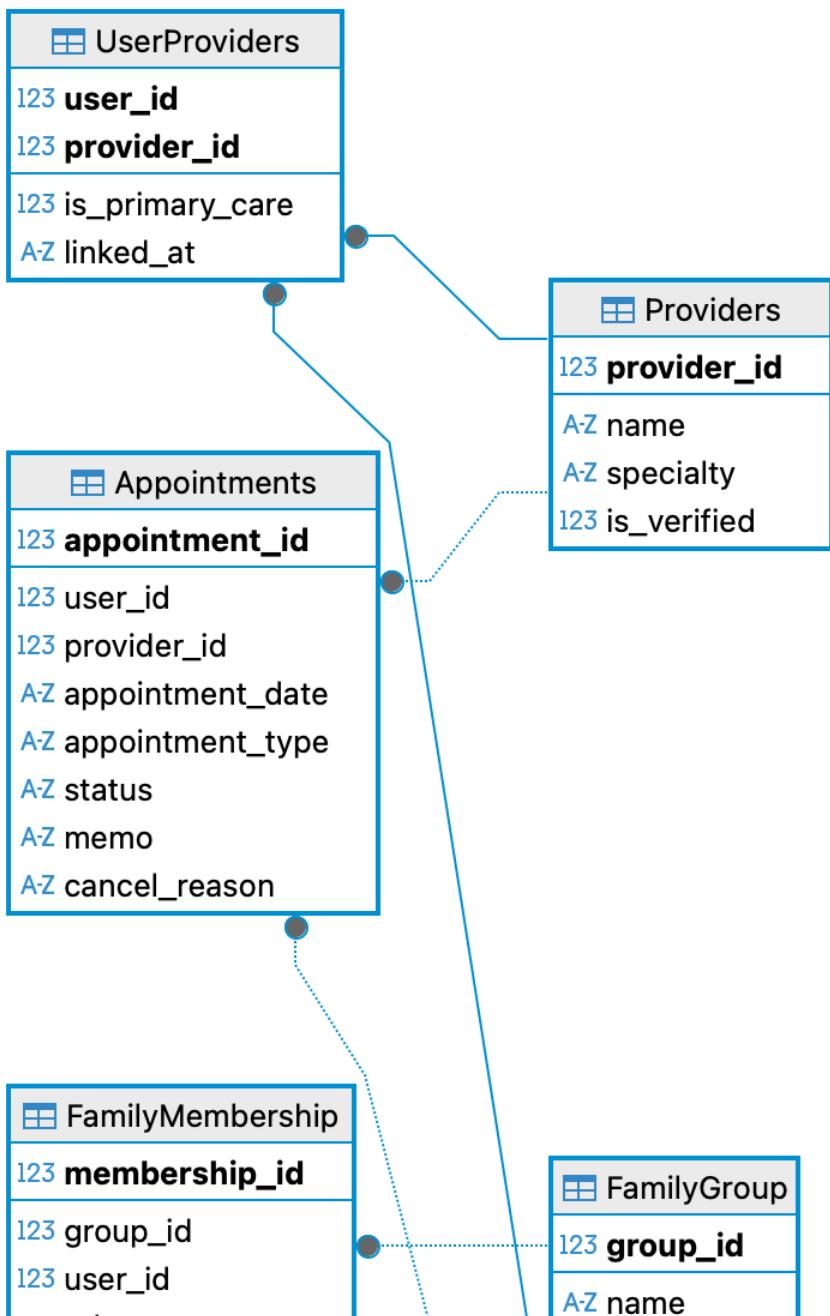
项目交付物 3 (Project Deliverable 3) - 最终报告

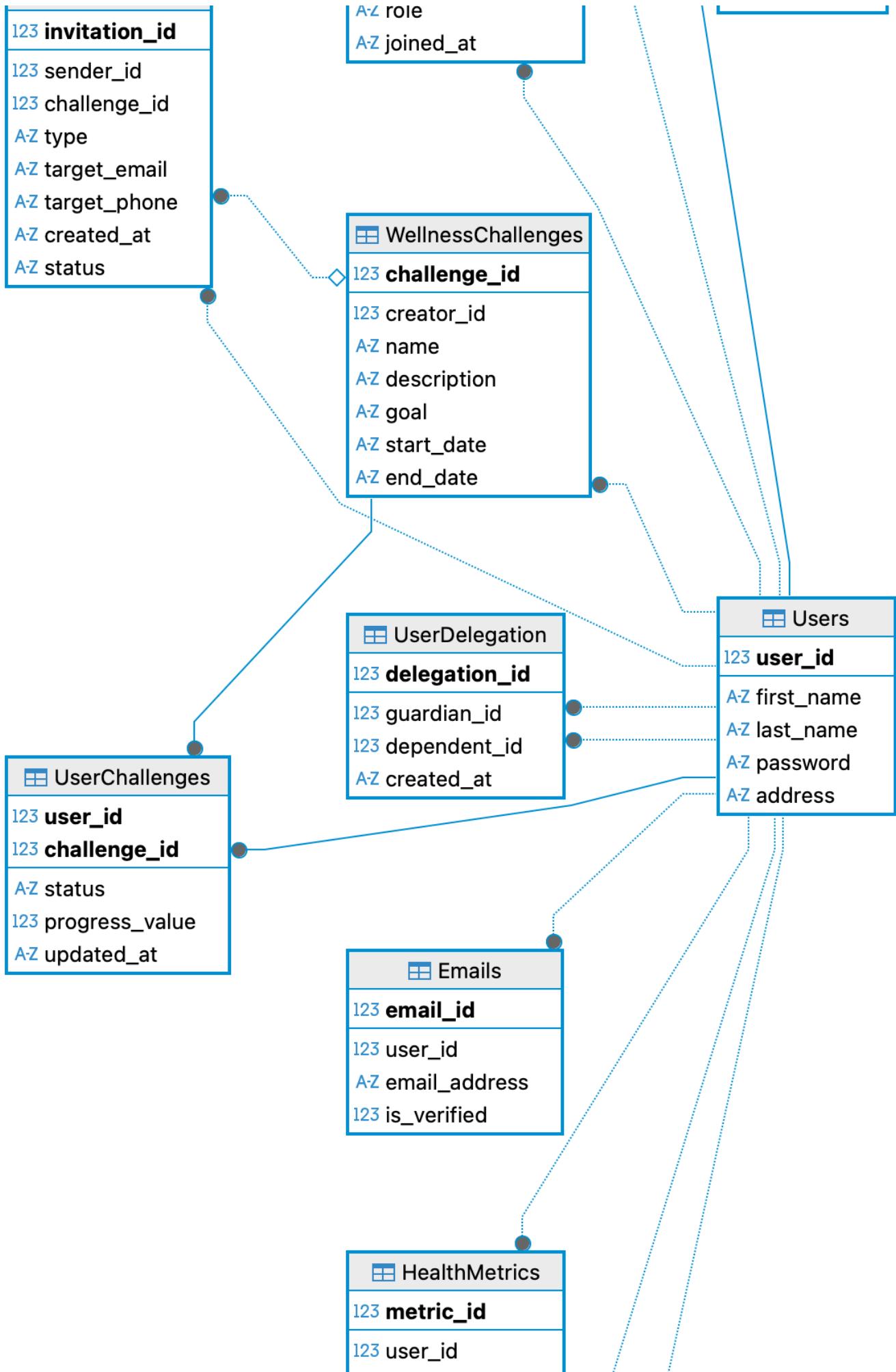
第18小组 刘志锋 黄柏曛 时啟轩

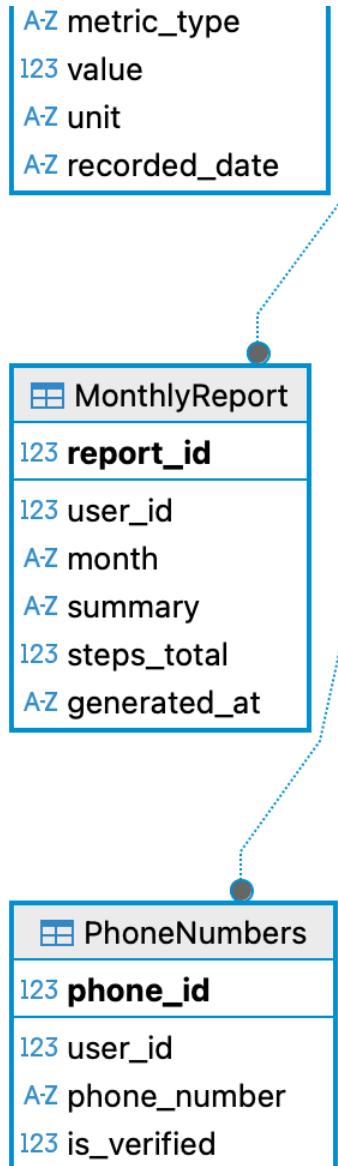
1. 项目概览

本项目旨在开发“健康追踪个人健康平台 (Health Track Personal Wellness Platform)”的完整应用程序系统。在第 3 阶段中，我们基于第 2 阶段的设计规范，构建了后端 API 服务和前端用户界面，并对数据库模式进行了必要的扩展和优化，以支持更复杂的业务逻辑，如家庭组、用户委托和邀请机制。

2. 数据库模式与构建 (SQL Database Construction)







2.1 数据库模式 (Schema)

我们使用 SQLite 作为关系型数据库。最终的数据库模式包含以下主要实体及其关系：

- **核心用户数据**：
 - `Users`：存储用户基本信息（姓名、密码、地址）。
 - `Emails` & `PhoneNumbers`：存储用户的联系方式，支持一对多关系，并包含验证状态 (`is_verified`)。
- **医疗服务**：
 - `Providers`：存储医疗保健提供者（医生）信息。
 - `UserProviders`：用户与提供者的多对多关联，包含是否为初级保健医生的标记 (`is_primary_care`)。
 - `Appointments`：存储预约记录，包含状态（Scheduled, Completed, Cancelled）、备注 (`memo`) 和取消原因。
- **健康与挑战**：

- `HealthMetrics`: 存储用户的健康指标数据 (如体重、血压、步数) 。
- `WellnessChallenges`: 定义健康挑战 (目标、起止日期) 。
- `UserChallenges`: 追踪用户参与挑战的状态和进度。
- **社交与家庭 (新增/优化) :**
 - `FamilyGroup` & `FamilyMembership`: 支持家庭组功能，包含角色 (Admin/Member) 。
 - `UserDelegation`: 实现监护人与被监护人 (Dependent) 的委托关系。
 - `Invitation`: 管理加入家庭或挑战的邀请，包含状态流转 (Pending/Accepted/Rejected) 。
- **报表 :**
 - `MonthlyReport`: 存储生成的月度健康摘要。

2.2 数据完整性与约束

- **主键与外键**: 所有表均定义了适当的主键和外键约束，确保引用完整性 (如 `ON DELETE CASCADE`) 。
- **Check 约束** :
 - 预约状态、挑战状态、邀请状态均有限定值。
 - 日期约束 (如挑战结束日期必须晚于开始日期) 。
 - 委托关系中监护人不能是自己。
 - 邀请目标必须包含 Email 或 Phone 至少其一。
- **Unique 约束** :
 - 用户与家庭组的唯一成员关系。
 - 监护人与被监护人的唯一对应关系。
 - **部分唯一索引 (Partial Unique Index)**: 在 `UserProviders` 表上实现了 `WHERE is_primary_care = 1` 的唯一索引，确保每个用户至多只能有一位主治医生 (Primary Care Provider)。
- **性能索引 (Performance Indexes)**:
 - 为了优化查询速度，我们在常用查询字段 (如 `user_id`, `date`, `type`) 上创建了非唯一索引。例如 `idx_appointments_user_id` 和 `idx_metrics_user_type_date` 。

2.3 业务逻辑约束 (Application-Level Constraints)

除了数据库层面的约束外，我们在应用层 (Service Layer) 实现了以下关键业务规则，以满足 Phase 2 的设计要求：

- **预约取消窗口**: `AppointmentService` 强制检查取消时间，若距离预约时间不足 24 小时，则禁止取消并抛出错误。

- **邀请有效期:** `InvitationService` 在处理邀请响应时会检查创建时间，若超过 15 天则自动标记为 `Expired` 并禁止接受。
- **验证要求:** `AccountService` 在链接医疗提供者时，会检查该提供者的 `is_verified` 状态，禁止链接未验证的提供者。

2.3 数据填充

我们编写了 `data.sql` 脚本，预置了 10 位用户及大量关联数据，涵盖了所有业务场景（预约、挑战、家庭关系、邀请等），确保系统启动即有丰富数据可供演示。

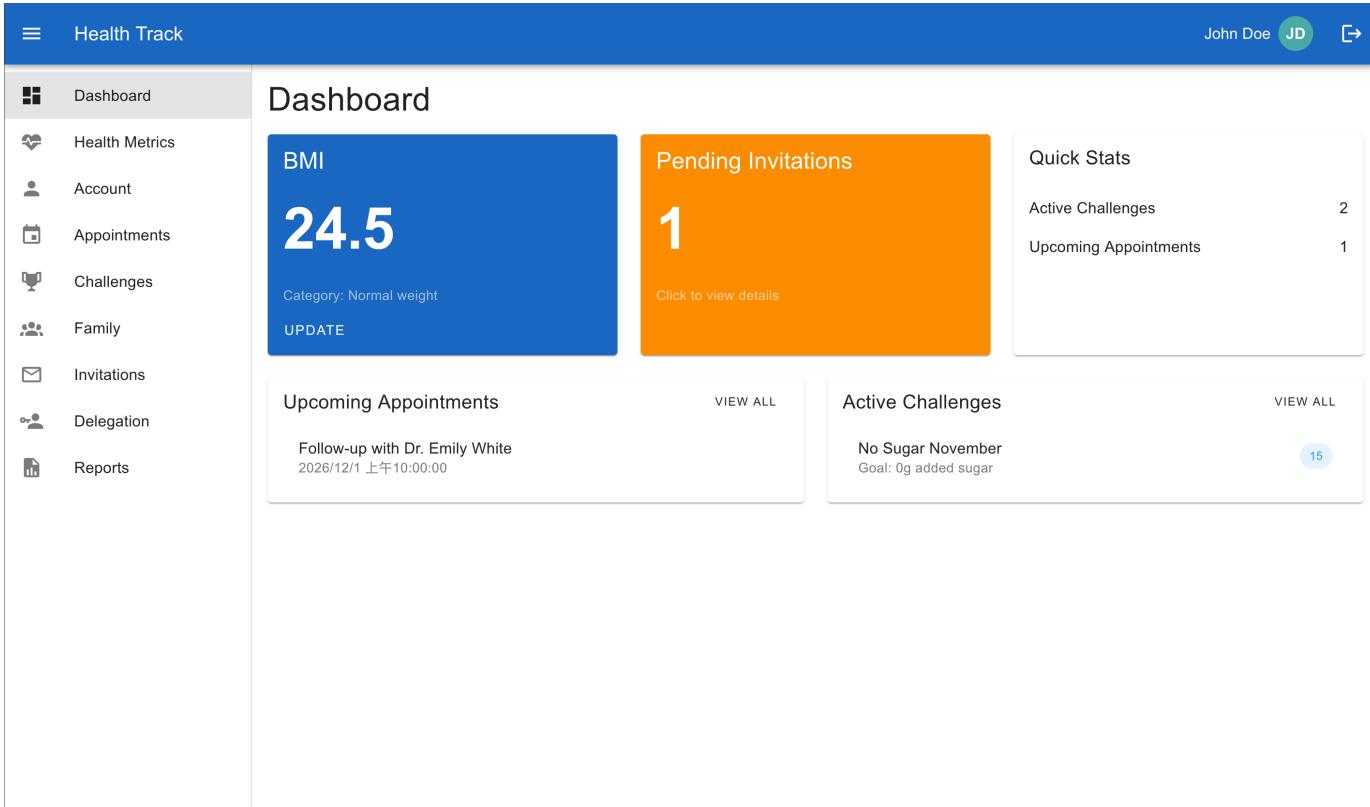
3. 应用程序开发 (Application Development)

3.1 技术栈

- **后端:** Python Flask (提供 RESTful API)
- **数据库:** SQLite
- **前端:** Vue.js 3 + Vuetify (Material Design 风格 UI)

3.2 实现的功能模块

3.2.1 主菜单与导航



The screenshot shows the main dashboard of the Health Track application. The top navigation bar includes a user profile for "John Doe" and a "JD" icon. The left sidebar contains a navigation menu with the following items: Dashboard (selected), Health Metrics, Account, Appointments, Challenges, Family, Invitations, Delegation, and Reports. The main content area is titled "Dashboard" and displays the following information:

- BMI:** 24.5 (Category: Normal weight) with a "UPDATE" button.
- Pending Invitations:** 1 (Click to view details).
- Quick Stats:** Active Challenges (2), Upcoming Appointments (1).
- Upcoming Appointments:** Follow-up with Dr. Emily White (2026/12/1 上午 10:00:00) with a "VIEW ALL" button.
- Active Challenges:** No Sugar November (Goal: 0g added sugar) with a "VIEW ALL" button and a notification badge showing 15.

应用程序实现了完整的导航系统，包含以下核心功能入口：

- **Dashboard (仪表盘):** 展示 BMI、活跃挑战、即将到来的预约、待处理邀请。

- **Account (帐户):** 个人信息管理。
- **Appointments (预约):** 预约管理。
- **Challenges (挑战):** 浏览和参与健康挑战。
- **Family (家庭):** 家庭组管理。
- **Delegation (委托):** 监护人与被监护人管理。
- **Invitations (邀请):** 处理收到的邀请。

3.2.2 帐户功能 (Account Functions)

The screenshot shows the 'Account Management' section of the Health Track application. On the left, a sidebar menu includes 'Dashboard', 'Health Metrics', 'Account' (which is selected and highlighted in grey), 'Appointments', 'Challenges', 'Family', 'Invitations', 'Delegation', and 'Reports'. The main content area is titled 'Account Management'.

Profile Information: Fields for First Name (John) and Last Name (Doe) are displayed. An 'UPDATE PROFILE' button is at the bottom.

Emails: A list of three emails: 'john.doe@example.com' (Verified), 'john.d@work.com' (Unverified), and 'test@com.cn' (Unverified). An 'Add Email' button is available.

Phone Numbers: A list of two phone numbers: '555-0101' (Verified) and '555-0' (Unverified). An 'Add Phone' button is available.

Linked Providers: A list of two providers: 'Dr. Emily White' (Cardiology, Verified) and 'Dr. Michael Green' (General Practice, Verified). A 'Select Provider' dropdown and a 'LINK' button are present.

- **个人详情:** 用户可以查看和编辑姓名、地址。
- **联系方式:** 支持添加和删除多个电子邮件及电话号码。
- **医疗提供者:** 用户可以浏览医生列表，并将其链接到自己的帐户（或解除链接）。

3.2.3 预约功能 (Appointments)

Health Track

John Doe JD

- Dashboard
- Health Metrics
- Account
- Appointments
- Challenges
- Family
- Invitations
- Delegation
- Reports

Appointments

Schedule New Appointment

Date (YYYY-MM-DD) yyyy / mm / dd Time Select Provider

Type (e.g. Checkup) Memo (Optional)

SCHEDULE

Upcoming Appointments

Date	Time	Provider	Type	Memo	Status	Actions
2025-10-15	10:00	Dr. Emily White	Checkup	Annual checkup	Completed	🚫
2025-11-01	14:30	Dr. Michael Green	Flu Shot		Completed	🚫
2026-12-01	10:00	Dr. Emily White	Follow-up	Follow up on blood pressure	Cancelled	
2025-12-11	15:00	Dr. Emily White	checkup	1111	Scheduled	🚫

- 预约管理: 用户可以创建新预约，查看历史预约。
- 状态更新: 支持取消预约（需填写原因）和添加备注（memo）。
- 搜索与筛选: 后端实现了基于时间范围、提供者、类型的搜索逻辑。

3.2.4 健康挑战 (Wellness Challenges)

Health Track

John Doe JD

- Dashboard
- Health Metrics
- Account
- Appointments
- Challenges
- Family
- Invitations
- Delegation
- Reports

Challenges

10k Steps Daily
Walk 10,000 steps every day for a month
Goal: 10000 steps/day

Joined
Progress: 300000
Update Progress

LEAVE

No Sugar November
Avoid added sugar for the whole month
Goal: 0g added sugar

Joined
Progress: 15
Update Progress

LEAVE

Yoga Morning
Do 20 mins of yoga every morning
Goal: 20 mins/day

Not Joined
JOIN

Marathon Training
Run 5km every other day
Goal: 5km run

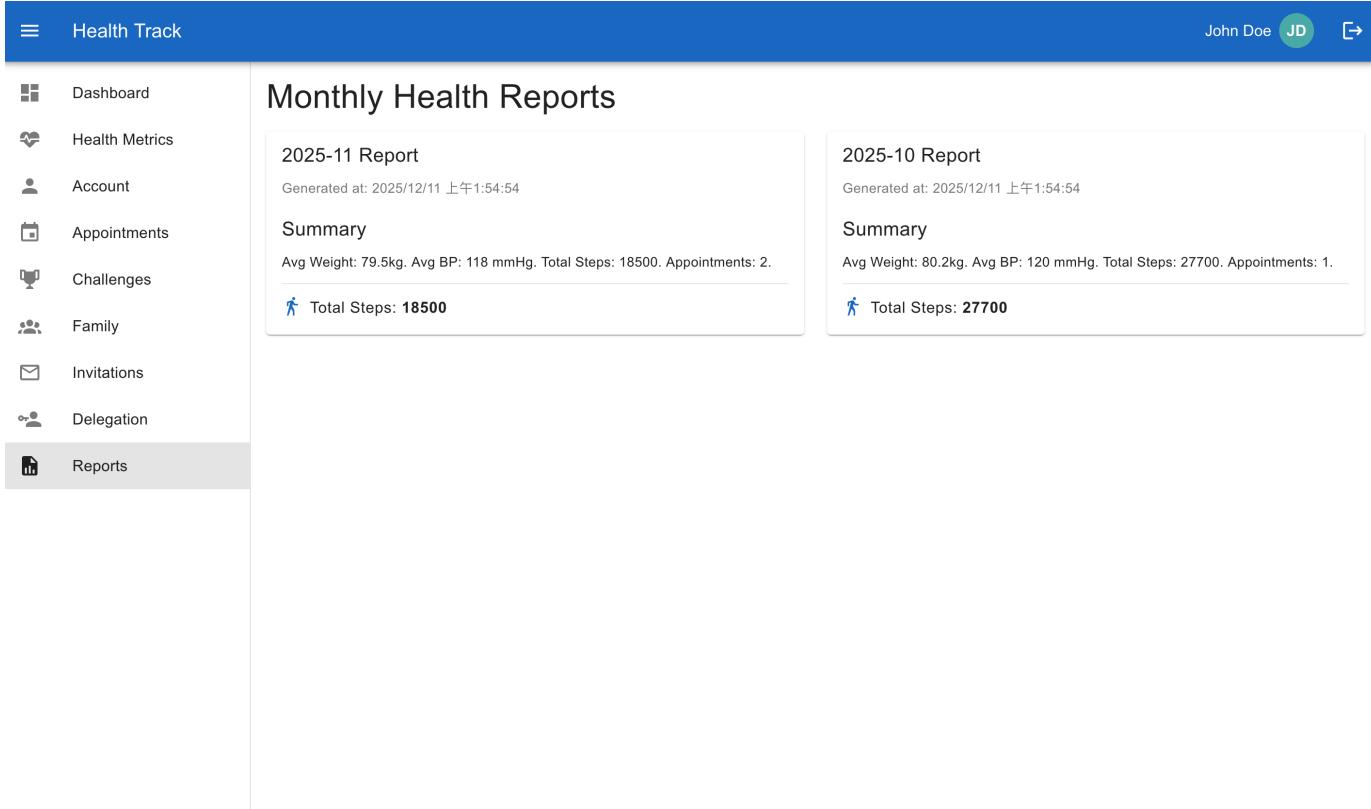
Not Joined
JOIN

Meditation
Meditate for 10 mins daily
Goal: 10 mins/day

Not Joined
JOIN

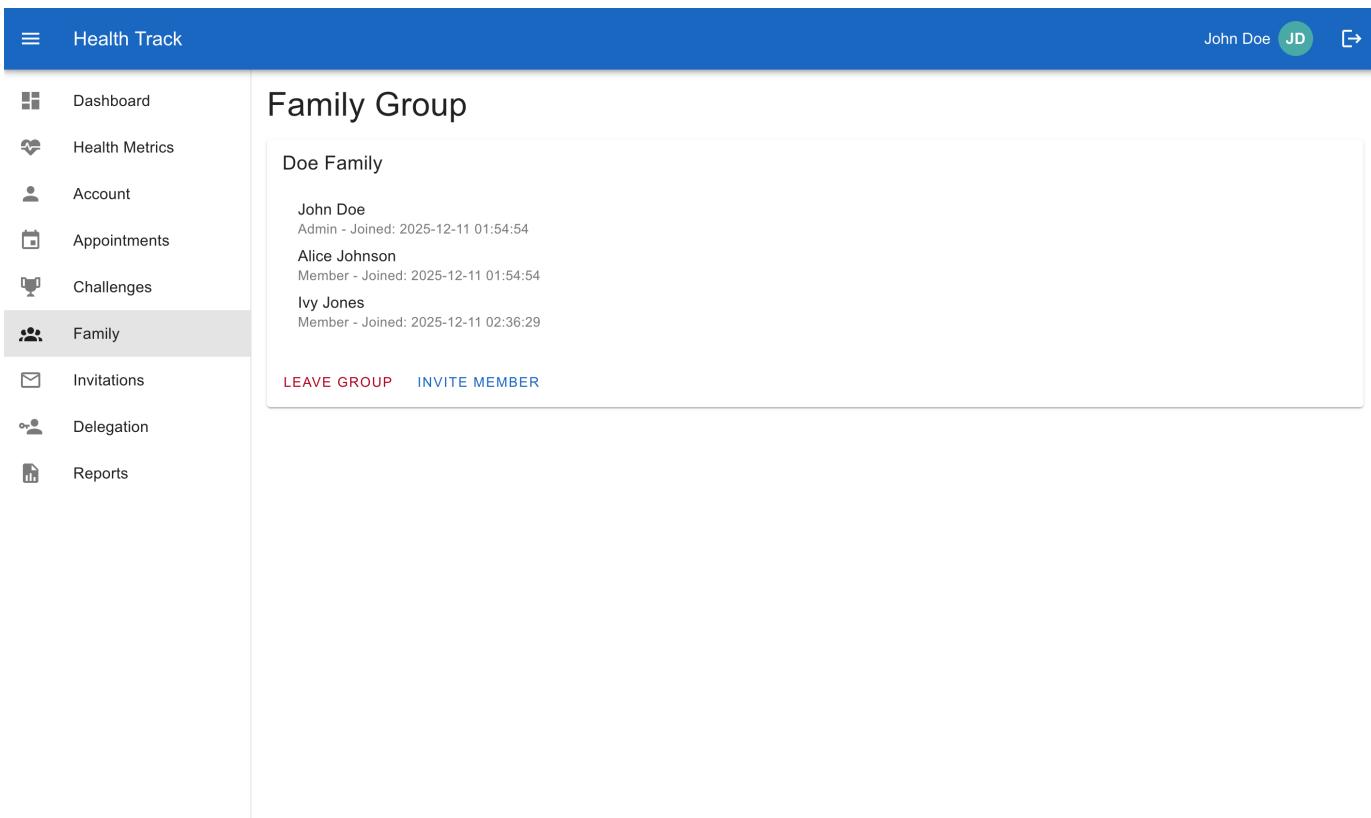
- **创建与参与:** 用户可以创建新的挑战供他人参与，或加入现有的挑战。
- **进度追踪:** 用户可以更新自己在挑战中的进度值。
- **活跃度统计:** Dashboard 实时显示当前活跃的挑战数量。

3.2.5 摘要与分析功能 (Summary & Analytics)



The screenshot shows the 'Health Track' application interface. The top navigation bar includes a 'Health Track' title, a user profile for 'John Doe' (JD), and a 'Logout' button. The left sidebar contains a navigation menu with icons and labels: Dashboard, Health Metrics, Account, Appointments, Challenges, Family, Invitations, Delegation, and Reports. The main content area is titled 'Monthly Health Reports' and displays two reports: '2025-11 Report' (Generated at: 2025/12/11 上午1:54:54) and '2025-10 Report' (Generated at: 2025/12/11 上午1:54:54). Each report section includes a 'Summary' table and a 'Total Steps' summary. The '2025-11 Report' summary table shows: Avg Weight: 79.5kg, Avg BP: 118 mmHg, Total Steps: 18500, Appointments: 2. The '2025-10 Report' summary table shows: Avg Weight: 80.2kg, Avg BP: 120 mmHg, Total Steps: 27700, Appointments: 1.

- **Dashboard:**
 - 自动计算并展示 **BMI** (基于最新的身高体重记录)。
 - 展示 **即将到来的预约 (Top 3)**。
 - 展示 **进行中的挑战 及其进度**。
 - 展示 **待处理的邀请 数量**。
- **健康指标管理 (Health Metrics):**
 - 新增了独立的 **Health Metrics** 页面，允许用户查看历史健康数据列表。
 - 支持添加多种类型的健康指标 (如体重、身高、血压、步数、心率、睡眠时间等)，系统会自动记录单位和时间。
 - 支持删除错误的健康记录。
- **月度报告 (Monthly Reports):**
 - 实现了自动化的月度报告生成逻辑。系统会定期 (或按需) 聚合用户当月的健康数据 (平均体重、平均血压、总步数) 和预约统计。
 - 用户可以在前端查看历史月度报告摘要。



- **家庭组 (Family):**
 - 实现了家庭组的创建、成员管理（管理员/成员角色）。
 - **逻辑增强:** 限制每位用户只能加入一个家庭群组。若用户已在群组中，必须先离开才能接受新的家庭邀请。
 - **管理员保护:** 当唯一的管理员尝试离开群组时，系统会强制要求先指派新的管理员，防止群组变为无主状态。
- **委托 (Delegation):** 实现了监护人添加被监护人 (Dependent) 的功能，支持通过下拉列表搜索用户。
- **邀请系统 (Invitations):** 实现了完整的邀请流程。用户可以发送挑战邀请或家庭邀请，接收者可以在系统中选择“接受”或“拒绝”。
- **验证与安全 (Verification & Security):**
 - **登录保护:** 实现了强制邮箱验证检查。用户登录时，系统会检查关联邮箱的 `is_verified` 状态，未验证邮箱无法登录。
 - **状态可视化:** 在前端帐户页面，邮箱、电话号码和医疗提供者均会显示 "Verified" (绿色) 或 "Unverified" (黄色) 标签，让用户清晰了解验证状态。

3.2.7 系统健壮性 (System Robustness)

- **全局错误处理:** 为了防止后端抛出原始 HTML 错误页面破坏前端 JSON 解析，我们在 `app/__init__.py` 中实现了全局错误处理器 (`@app.errorhandler`)。无论是数据库完整性错误 (`sqlite3.IntegrityError`) 还是通用服务器错误，系统都会捕获并返回结构化的 JSON 错误信

息 (HTTP 400/500)，极大提升了系统的稳定性和调试效率。

4. 实施过程中的问题与解决方案

4.1 数据库模式的演进

- **问题:** 初始设计中对于“家庭”和“委托”关系描述较为抽象，缺乏具体的表结构支持。
- **解决方案:** 在 Phase 3 中，我们显式添加了 `FamilyGroup`, `FamilyMembership`, `UserDelegation` 表，并引入了 `Invitation` 表来解耦“加入”这一动作，使得用户体验更加流畅（先邀请，后确认）。
- **问题:** `PhoneNumbers` 表原本设计了 `UNIQUE(user_id)` 约束，导致用户无法添加多个电话号码。
- **解决方案:** 移除了该唯一性约束，允许用户在 `Account` 页面管理多个联系电话。

4.2 复杂查询与性能

- **问题:** Dashboard 需要聚合多张表的数据（指标、预约、挑战、邀请），如果分多次 API 调用会导致前端加载缓慢。
- **解决方案:** 在后端 `SummaryService` 中封装了聚合逻辑，一次性查询所有必要数据（BMI 计算、计数统计、列表获取），并通过单一 API `/summary` 返回给前端，提高了页面加载速度。
- **数据库索引优化:**
 - 针对随着数据量增长可能出现的查询延迟，我们在 `schema.sql` 中添加了多个索引 (Index)。
 - 为了验证索引的有效性，我们编写了 `check_index.py` 脚本，使用 `EXPLAIN QUERY PLAN` 分析 SQL 执行计划。测试结果表明，关键查询（如获取最新健康指标、查询预约列表）已从全表扫描 (SCAN TABLE) 优化为索引查找 (SEARCH TABLE USING INDEX)。

4.3 数据一致性

- **问题:** 删除用户时，相关的预约、挑战记录、家庭成员关系可能会变成孤儿数据。
- **解决方案:** 在数据库层广泛使用了 `ON DELETE CASCADE` 约束，确保当用户被删除时，其所有关联数据自动清理，维护了数据库的整洁和一致性。

5. 对第 2 阶段规范的修订 (Revisions from Phase 2)

1. **新增 Invitation 实体:** 原规范可能隐含了直接添加成员的逻辑，我们将其修订为“邀请-确认”机制，增加了 `Invitation` 表，以符合更真实的隐私和安全需求。
2. **细化 Delegation 模型:** 明确了 `UserDelegation` 表，区分 `guardian_id` 和 `dependent_id`，并添加了防止自我委托的约束。
3. **增强 Dashboard:** 原规范对摘要功能的描述较为基础，我们在实现中增加了 BMI 自动计算、待处理事项提醒等更具交互性的功能。

4. **字段扩展:** 在 `Appointments` 中增加了 `memo` 和 `cancel_reason`，在 `Users` 相关的联系方式表中增加了 `is_verified` 字段，以支持更完善的业务流程。

总结: 本项目已成功完成了所有既定目标，并在此基础上进行了功能增强，交付了一个功能完备、逻辑严密且用户友好的健康追踪平台。