LUMINO / 光迹感知

网球运动损伤风险评估与康复服务平台

产品 PRD × 商业计划书

核心定位

基于真实世界网球训练数据的 AI 运动损伤风险筛查、专业评估与康复服务平台。以网球为首个垂直场景，通过连续运动数据、视觉生物力学特征、临床标签与康复结局构建可验证的运动健康数据闭环。

50+家	9 万	百万次	1 个闭环
全国网球场馆 截至 2026 年 8 月，含装修中	新版 BP 注册会员口径	网球挥拍数据口径	筛查→评估→康复→复测

这份文档解决什么问题

- 定义从训练数据采集、风险模型、康复师介入、医院转诊、复测到科研验证的完整产品闭环。
- 把跃测 50+ 室内网球场馆与用户群体、光迹 AI 与产品研发能力、医院临床与康复能力组合成可验证的数据飞轮。
- 明确商业模式、试点路径、核心指标、资源需求和必须在合作前冻结的决策。

目录

1. 执行摘要：产品与商业机会 3

2. 现有资产与为什么现在能做 4

3. 用户、角色与核心问题 4

4. 产品目标、范围与非目标 5

5. 核心场景与服务闭环 6

6. 产品总体架构 7

7. 数据采集系统：室内与室外 7

8. Athlete Health Profile 运动健康档案 8

9. 运动损伤风险模型 9

10. 专业评估与康复服务产品 10

11. 用户端产品流程与页面需求 11

12. 康复师 / 专家工作台 11

13. 科研合作与临床验证方案 12

14. 数据集、标签与模型训练 13

15. 指标体系与验收标准 14

16. 隐私、伦理、合规与安全 14

17. 商业模式与收入结构 15

18. GTM 与场馆试点策略 16

19. 数据飞轮与竞争壁垒 16

20. 产品路线图与里程碑 17

21. 团队、资源与合作分工 17

22. 融资 / 预算模式与单位经济 18

23. 风险清单与应对 18

24. 待决策问题与下一步 19

附录 A. 数据结构建议 20

附录 B. 模型与指标公式 21

附录 C. 资料来源与口径说明 22

1. 执行摘要：产品与商业机会

> 产品愿景
>
> 把“受伤后才去医院”的被动链路，向前延伸为“日常训练中持续观察 - 风险变化被发现 - 专业人员及时介入 - 康复后复测”的运动健康闭环。

1.1 核心问题

网球训练发生在球场，运动医学诊疗发生在医院。两者之间长期缺少连续、结构化、可解释的数据桥梁。一次门诊能看到当前症状，却通常看不到过去数周的训练量、动作时序变化、左右差异、球场情境与疲劳趋势；而普通动作评分又缺乏临床 Ground Truth，无法直接推断损伤风险。

1.2 产品解法

日常训练 → 视觉/球场数据 → 风险趋势 → 康复师评估 → 必要时医院 → 干预/康复 → 复测

平台持续建立 Athlete Health Profile，将动作、训练负荷、症状、既往史、专业评估与康复结局按时间轴组织。AI 先做“筛查与解释”，专业人员完成“判定与干预”，医院负责“医学诊断与临床验证”。

1.3 商业逻辑

资产	现有基础	在新产品中的价值
真实场景网络	跃测全国 50+ 门店	研究招募、持续采集、服务交付、低边际获客
用户与训练数据	新版 BP 9 万会员轨迹、百万次挥拍口径	纵向真实世界运动数据入口
视觉与产品研发	姿态识别、动作捕捉、球速/落点、跟随拍摄、软硬件研发	运动学特征、球场状态、采集终端与算法工程
真人服务架构	原产品已有“一键真人教练”服务思路	迁移为康复师/运动医学专业服务入口
临床合作方向	运康中心具备运动损伤、运动康复、AI 评估、体卫融合、科研转化能力	Ground Truth、研究设计、临床验证、康复结局

2. 现有资产与为什么现在能做

50+	9 万	百万次	软硬一体
全国门店 含装修中	全国会员	挥拍数据	视觉 AI+场馆系统

2.1 跃测：从“门店网络”升级为 Real-World Sports Research Network

截至 2026 年 8 月，跃测 BP 记录全国 50+ 门店（含装修中），覆盖深圳、上海、北京、天津、长沙、厦门、西安、武汉、杭州等城市；其场馆操作系统已覆盖预约、进场、课程、会员成长与计分等流程。新项目中，门店不仅是销售渠道，更是长期、连续、真实训练数据与服务触点。

2.2 光迹：从“AI 陪练机器人”升级为 Sports Health Sensing Platform

光迹现有能力包括发球机协同控制、AI 动作即时纠正、技术评分、跟随拍摄、慢动作回放、球速与落点判断、人体动作监测等。新项目中机器人降级为可选传感器载体，核心转为视觉采集、动作理解、球场状态感知与数据产品。

2.3 医院：补齐 Clinical Ground Truth

运康中心资料显示其定位覆盖运动创伤、运动康复、运动处方、体卫融合、运动科普与科研转化，并具备运动损伤 AI 评估、智能康复、居家康复及临床验证场景。对本项目而言，最关键价值不是“品牌背书”，而是损伤定义、专业评估、临床标签、研究设计、康复标准与结局验证。

3. 用户、角色与核心问题

角色	核心任务	产品价值	首版优先级
日常学员	训练、了解身体状态、避免反复疼痛	无穿戴/低打扰采集；看到风险趋势和可执行建议	P0
有疼痛/既往伤病学员	判断是否需要专业介入、恢复训练	快速进入康复师/医院服务；保留训练上下文	P0
康复训练师/治疗师	筛查、功能评估、制定干预、随访	结构化运动数据+证据片段+量表+复测	P0
运动医学专家	诊断、复杂病例、科研验证	获得连续训练史和标准化研究数据	P1
场馆运营者	提升会员服务与差异化收入	运动健康增值服务、专业合作、会员留存	P1
科研/算法团队	建立可靠模型与数据集	统一协议、标签体系、版本与质量控制	P0

3.1 首批研究对象建议

- 高频发球/上肢过度使用相关风险：肩部、肘部作为首批方向。
- 下肢与躯干链条：膝、踝、腰背作为第二阶段；需要更强的全身与负荷数据。
- 既有伤病重返运动：适合与康复中心共同定义标准化复测协议。

> 不要一开始覆盖“所有运动损伤”
>
> 首版建议只做 1-2 个高频、可观察、可建立临床标签的课题。否则标签定义、采集协议和样本量会迅速失控。

4. 产品目标、范围与非目标

4.1 产品目标（12-24 个月）

1. 完成网球训练多源数据采集协议和 Athlete Health Profile V1。
2. 完成 1-2 个运动损伤风险课题的科研合作方案、伦理/知情同意流程与临床标签规范。
3. 在真实门店完成风险筛查 → 康复师评估 → 干预 → 复测闭环。
4. 建立可解释的风险趋势模型，验证其与专业评估/临床结局的相关性和预测价值。
5. 形成可商业化的 B2C 运动健康服务包与 B2B 场馆 SaaS/采集系统。

4.2 MVP 范围

模块	MVP 包含	暂不包含
采集	手机/固定 RGB；可选 RGB-D；室外顶部摄像头 2D 球场状态	高成本全场多机位 3D 重建
动作	2D/3D 骨架（视硬件）、关节角、阶段、节奏、左右差异	直接估计组织应力/肌腱载荷的医学结论
风险	风险等级、趋势、贡献因素、置信度、建议专业评估	未经前瞻验证的精确“受伤概率%”
服务	康复师线上/线下评估、计划、复测、必要时转诊	AI 独立诊断/开具医疗处方
科研	数据协议、标签、队列、临床验证	未经伦理审批的研究数据训练

4.3 非目标

- 不把“像某位教练”作为健康标准。
- 不把一次异常动作直接定义为损伤原因。
- 不承诺通过单摄像头得到实验室级关节力矩、肌腱负荷或旋转量。

- 不通过制造焦虑促进康复服务转化。
- 不让场馆运营人员替代医疗专业人员作诊断。

5. 核心场景与服务闭环

5.1 场景 A：日常训练无症状人群

训练 → 自动采集 → 个人基线 → 趋势变化 → 低风险继续 → 周期复测

目标是建立个人基线并发现“持续变化”，而不是每次训练都给出医学化结论。系统应优先使用个体纵向变化而非只与群体平均比较。

5.2 场景 B：动作/负荷风险持续升高

连续异常 → 风险解释 → 问卷/症状 → 康复师评估 → 动作/负荷干预 → 复测

5.3 场景 C：疼痛或既往伤病

症状记录 → 红旗筛查 → 专业评估 → 必要时医院 → 诊疗/康复 → 重返运动

> **分流规则**
>
> 低风险：训练建议与持续监测；中风险/持续异常：康复专业人员评估；持续疼痛、明显功能受限或红旗症状：转运动医学/线下医疗。具体红旗标准由医院合作方共同制定。

6. 产品总体架构

层级	组件	说明
L0 场景层	跃测门店 / 室外球场 / 家庭复测	真实训练与康复服务发生地
L1 采集层	RGB/RGB-D、顶部摄像头、球场系统、问卷、训练日志	原始数据与事件时间轴
L2 感知层	Pose、人体跟踪、球跟踪、落点、动作阶段、质量控制	把视频转为可计算运动状态
L3 特征层	关节角、时序、对称性、负荷代理、球场情境、历史变化	可解释运动生物力学特征
L4 健康模型	个体基线、风险趋势、异常检测、多模态风险模型	输出风险等级/因素/置信度
L5 专业服务	康复师工作台、运动医学转诊、康复计划、复测	Human-in-the-loop
L6 科研层	标签、队列、版本、统计分析、模型验证	形成 Clinical Ground Truth 与证据
L7 商业层	会员服务、单次评估、疗程、B2B SaaS	形成可持续收入

6.1 核心数据关系

> 统一时间轴
>
> Session → Rally/Rep → Motion → Ball/Court Context → Symptoms → Professional Assessment → Intervention → Outcome。所有模型输出必须能回溯到采集版本、模型版本与证据片段。

7. 数据采集系统：室内与室外

7.1 室内半场：Controlled Training Domain

数据	来源	用途

数据	来源	用途
人体动作视频	手机/固定相机/可选深度相机	姿态、阶段、角度、时序、对称性
落点/得分	现有屏幕或第三方系统（需确认原始接口）	控制性训练表现、稳定性
发球/来球条件	发球机参数或训练计划	难度与上下文校正
训练量	时长、有效击球数、动作类型	负荷代理与纵向变化
主观状态	疼痛、疲劳、RPE、睡眠/恢复简表	风险上下文

7.2 室外全场：Natural Play Domain

建议增加顶部摄像头作为 Court State Sensor，采集球场二维状态，而不是直接宣称实现鹰眼级三维轨迹。

V1 输出	定义	限制
Court XY	通过球场标定将像素映射到场地坐标	仅适用于场地平面
Player XY	双方球员位置与移动轨迹	遮挡/边界需置信度
Ball Path 2D	球在球场平面的轨迹投影	不是完整 3D 飞行轨迹
Bounce XY	落点与 in/out 事件	高速球需验证帧率/快门/像素尺寸
Hit/Bounce/Rally Timeline	击球、落地、回合事件时间轴	需要与人体视频同步
State-Action-Outcome	来球/位置→动作→落点/对手响应	用于情境化评价与研究

7.3 双域不可直接合成一个“能力分”

室内更适合 Controlled Skill：控制、稳定性、动作重复；室外更适合 Adaptive Skill：移动、情境适应、选择与结果。风险模型可以共享底层人体特征，但必须保留 session_domain 与 context，避免把不同难度的数据直接比较。

8. Athlete Health Profile 运动健康档案

Athlete Health Profile 是产品的长期核心对象，不是医院电子病历。它用于组织用户授权范围内的运动、训练与专业评估数据，并支持个人纵向基线。

维度	示例字段	数据来源
身份与体型	匿名 ID、年龄段、惯用手、身高区间、体重区间	用户/授权
训练暴露	周训练频次、时长、击球量、动作类型	场馆系统/视频

维度	示例字段	数据来源
运动学	关节角序列、角速度、躯干旋转时序、左右差异	Pose/视频
球场情境	来球、落点、球员位置、回合压力	顶部相机/球场系统
症状与恢复	疼痛部位/程度、RPE、疲劳、恢复状态	问卷
专业评估	功能测试、ROM、力量/对称性、专业意见	康复师/医院
干预	训练调整、康复动作、频次、依从性	康复计划
结局	症状变化、功能变化、复测、重返运动	随访

8.1 纵向建模原则

> 优先比较“你和过去的你”
>
> Risk_t = F(Motion_t, Load_{1:t}, Symptoms_{1:t}, Recovery_{1:t}, History, Context)。群体模型用于先验，个人历史用于个体化校准；单次训练只作为证据之一。

9. 运动损伤风险模型

9.1 四层模型必须解耦

层	模型	回答的问题	可否直接作为医疗结论
A	Technical Performance	动作与训练目标/模板的表现如何?	否
B	Biomechanical Features	动作中出现了哪些运动学特征?	否
C	Risk Screening	是否出现值得关注的风险模式/趋势?	否，属于筛查
D	Clinical Assessment	是否存在损伤、诊断是什么、如何治疗?	由合格专业人员完成

9.2 V1 建模策略

- 阶段切分：准备、引拍/脚步、前挥、击球、随挥、回位；针对发球另设阶段。
- 特征：关节角度与角速度、躯干-肩-肘时序、左右差异、重心/躯干代理、重复性、训练暴露、情境难度。
- 个体基线：EWMA/滑动窗口/贝叶斯层级或其他可解释方法监测持续偏移。
- 监督标签：专业功能评估、临床诊断（如适用）、疼痛/功能量表、康复结局、伤病事件。
- 输出：风险等级、趋势、主要贡献因素、证据片段、置信度、建议下一步；精确概率需在前瞻性队列验证校准后再考虑。

9.3 研究目标中的“受伤可能性”如何定义

研究上可以定义条件风险，例如“未来 N 天/周内出现预先定义的疼痛/功能下降/临床损伤事件的概率”，但必须先由临床合作方定义 outcome、时间窗、纳排标准与随访方式。产品上线前不应把研究中的概率直接包装成确定性医学判断。

> 关键科学问题
>
> 真正要验证的是：在控制训练暴露、既往史、年龄/水平等混杂因素后，视觉运动学与情境特征是否对未来损伤/症状结局提供增量预测价值。

10. 专业评估与康复服务产品

10.1 服务分层

层级	触发	服务	责任边界
S0 自助监测	低风险/无症状	训练报告、趋势、恢复建议	非医疗
S1 康复师评估	持续异常/用户主动申请	线上问诊式访谈、运动功能筛查、动作与负荷建议	按资质与服务范围执行
S2 线下康复	功能问题/康复需求	标准化评估、康复训练、复测	专业人员
S3 运动医学	持续疼痛、明显功能受限、红旗或疑似损伤	医学检查、诊断、治疗	医院/医生

10.2 康复闭环

风险发现 → 专业评估 → 目标设定 → 干预计划 → 训练执行 → 依从记录 → 复测 → 重返运动

10.3 服务转化原则

- 不使用“你快受伤了”等恐吓式文案。
- AI 推荐专业评估时展示证据、置信度与局限。
- 医疗服务价格、支付、处方与诊断按医院/专业机构合规流程独立处理。
- 平台可以承接非医疗运动健康服务，但医疗行为边界必须单独审查。

11. 用户端产品流程与页面需求

页面/模块	P0 功能	关键交互
首页/健康状态	本周训练量、风险趋势、待完成事项	只突出需要行动的信息
训练采集	设备状态、视角校验、自动片段	尽量无感；异常提示重拍
训练报告	动作/负荷变化、证据片段、置信度	技术表现与健康风险分区展示
症状记录	疼痛部位、程度、出现时间、功能影响	支持训练前/后快速记录
专业评估预约	康复师可用时段、资料授权、问题描述	风险报告可一键授权给专业人员
康复计划	动作视频、频次、完成记录、注意事项	支持反馈“疼痛加重/无法完成”
复测报告	与基线/上次对比、恢复趋势	明确“改善/无明显变化/需进一步评估”
隐私中心	授权范围、数据用途、撤回/删除	科研训练授权与基础服务分离

11.1 报告信息层级

6. 先告诉用户：是否需要行动。
7. 再解释：哪些指标发生变化。
8. 再展示：证据片段/趋势图。
9. 最后说明：模型局限与下一步专业服务。

12. 康复师 / 专家工作台

模块	需求	优先级
病例队列	按风险、症状、预约、随访状态筛选	P0
时间轴	训练、风险、症状、评估、干预、复测统一时间轴	P0
证据查看	关键视频、骨架、角度曲线、球场情境同步回放	P0
评估模板	标准化功能测试、量表、疼痛、ROM/力量等可配置字段	P0
专业结论	专业人员独立填写，不由模型自动生成	P0
计划管理	康复动作库、频次、阶段、禁忌、复测时间	P0
研究标签	是否符合课题、结局、随访、数据可用性	P1

模块	需求	优先级
审计	谁查看/修改/导出、模型版本、数据版本	P0

> Human-in-the-loop
> 模型只能给出候选风险解释和证据，不得覆盖专业人员判断。专业人员修改/否定模型结果必须被记录，用于后续误差分析，而不是立即在线学习。

13. 科研合作与临床验证方案

13.1 与北京大学深圳医院运动医学与康复医学中心的合作定位（建议）

合作方	建议职责
医院/运康中心	研究问题与临床终点、专家评估、标签规范、伦理与研究设计、临床验证、康复方案、论文/成果转化
光迹感知	视觉采集、算法、数据平台、模型训练、产品化、软硬件工程、数据质量控制
跃测网球	场馆网络、用户招募、训练场景、设备部署、运营执行、长期随访触点
联合团队	知识产权、数据治理、成果署名、转化机制、试点运营与后续产业化

13.2 四阶段研究路线

阶段	目标	设计建议	主要输出
Phase 0 协议	统一定义与可行性	专家共识、采集 PoC、伦理/知情同意	数据字典、标签规范、SOP
Phase 1 横断面	验证视觉特征与专业评估关系	健康/症状/既往伤病分层；实验室子集做 Ground Truth	特征有效性、误差边界
Phase 2 前瞻队列	验证未来风险预测	多门店 6-12 月随访；记录暴露与伤病结局	AUC/校准/敏感度/特异度等
Phase 3 干预	验证产品是否改善结局	风险提示+康复干预 vs 对照/历史基线（具体由研究设计决定）	临床/功能/依从性/经济性证据

13.3 第一批课题候选

- 发球相关肩部风险：肩-躯干时序、负荷暴露与症状/功能变化。

- 网球肘/肘部过度使用：击球动作、训练暴露、握拍/腕肘运动学与症状结局。
- 重返运动：既往伤病人群在康复前后动作/负荷特征变化与功能结局。

> 合作文件必须明确
>
> 研究数据控制权、去标识化方式、数据可用于何种模型训练、成果署名、知识产权、论文发表、商业转化、退出机制与数据销毁/保留。

14. 数据集、标签与模型训练

14.1 数据对象

D = {Video, Skeleton, MotionFeatures, BallCourtState, SessionLoad, Symptoms, History, ProfessionalAssessment, Intervention, Outcome, Consent, ModelVersion}

14.2 标签分层

标签层	示例	来源	可信等级
观察事实	关键点可见度、球落点、动作阶段	系统	高/可量化
计算特征	肩外展角、躯干旋转峰值时间、左右差异	算法	依模型误差
用户报告	疼痛、疲劳、RPE、功能影响	用户	主观
专业评估	功能测试、临床检查、康复师判断	专业人员	高
临床结局	明确诊断/治疗/重返运动（如纳入研究）	医院	最高/需授权

14.3 数据质量门槛

- 视频质量：人物完整度、遮挡、光照、帧率、运动模糊、镜头稳定性。
- 同步质量：camera_id、timestamp、sync_offset、事件链完整。
- 球场标定：标定版本、重投影误差、相机是否移动。
- 样本独立性：同一用户/同一场次按组划分训练/验证/测试，防止泄漏。
- 标签一致性：双人标注/专家裁决、Kappa/ICC 等一致性指标。
- 模型发布：离线评估→专业审核→灰度→监控→回滚。

15. 指标体系与验收标准

15.1 产品北极星指标

> North Star
> 有效闭环率 = 完成“合格训练采集 → 风险/状态报告 → 需要时专业评估 → 干预/建议 → 复测”的用户数 ÷ 符合闭环条件的用户数。它比单纯“视频上传量”更能代表产品价值。

15.2 指标分层

层级	指标示例	MVP 验收思路
采集	合格视频率、同步成功率、球落点可用率	先达到稳定可用，再追求算法上限
姿态/球场	关键点误差、阶段 F1、落点误差、事件 F1	与人工/实验室子集对照
风险模型	AUROC/AUPRC、灵敏度、特异度、校准、决策曲线	由临床课题预注册/统计方案确定
服务	评估完成率、计划启动率、复测率、依从性	衡量闭环而非制造转化
结局	疼痛/功能量表变化、重返运动、复发	需专业定义
商业	筛查渗透率、评估转化率、服务 ARPU、B2B 门店续费	试点后建立真实基线

15.3 模型上线门槛

不在 PRD 中预设“95%准确率”等缺乏任务定义的指标。不同损伤、不同时间窗、不同人群需要独立阈值；高风险筛查通常更关注灵敏度与校准，同时必须评估假阳性带来的专业服务负担。

16. 隐私、伦理、合规与安全

主题	要求
授权拆分	基础动作分析、身体比例归一化、专业服务共享、科研使用、公共模型训练分别授权
身份隔离	身份信息与视频/骨架/研究标签分权限域；研究导出使用去标识 ID
未成年人	单独监护人同意与适龄产品流程；首期科研是否纳入未成年人需合作方决定
医疗边界	AI 风险筛查不等于诊断；医疗诊断、处方、治疗由合格医疗主体完成

主题	要求
研究伦理	涉及人体研究/临床数据按合作机构伦理要求执行；方案、同意书、退出机制先行
可追溯	模型版本、数据版本、报告版本、专业人员修改、导出行为可审计
撤回与删除	支持用户查看、撤回、删除；科研数据撤回后的处理按伦理同意书和法规执行
安全	最小权限、传输/存储加密、密钥管理、日志脱敏、导出审批、异常告警

17. 商业模式与收入结构

17.1 收入四层

产品/服务	付费方	收费模式	备注
AI 运动健康筛查	C 端学员/会员	单次、会员权益、套餐	避免把风险告警做成强制付费墙
专业运动功能评估	C 端学员	单次服务	由具备相应资质的服务主体提供
康复训练/复测	C 端学员	疗程/阶段包	按服务边界与资质执行
Sports Health SaaS	球馆/俱乐部	门店/场地订阅	报告、会员健康档案、预约与运营
采集硬件/AI Court	球馆/研究机构	设备+安装+维护	顶部摄像头/边缘计算按配置
科研/联合开发	医院/高校/产业伙伴	课题/联合研发/技术服务	具体按合作协议

17.2 商业漏斗

训练会员 → 合格采集 → 状态报告 → 需要关注 → 专业评估 → 康复/复测 → 长期会员

17.3 单位经济模型（先公式、后填真实数据）

月度健康业务收入 = 活跃训练用户 × 筛查渗透率 × 付费率 × 筛查 ARPU + 专业评估人数 × 评估客单价 + 康复用户 × 疗程客单价 + B2B 订阅 + 硬件/服务收入。

CAC 应区分既有门店会员与外部新增用户；既有 50+ 门店最大的商业价值之一是降低冷启动获客成本，但必须用试点数据验证实际转化。

18. GTM 与场馆试点策略

18.1 不是一次铺 50 家，而是三级试点

阶段	场地	目标	退出/扩张条件
P0 技术 PoC	1-2 家深圳核心门店	采集质量、同步、流程可用	关键数据可稳定采集
P1 科研试点	3-5 家 + 医院/实验室	建立标签、横断面/前瞻队列	达到预设数据质量与随访率
P2 商业试点	10 家左右	验证付费、康复转化、运营负担	单位经济与服务质量可复制
P3 网络扩张	50+门店分层部署	规模化真实世界数据与服务	标准化 SOP 与合规成熟

18.2 门店分层

- Level 1：普通门店 - 复用现有相机/手机，完成动作与负荷基础采集。
- Level 2：AI Health Court - 增加顶部摄像头/边缘计算，获得球场状态与 State-Action-Outcome。
- Level 3：研究示范中心 - 增加高质量多视角/实验室对照设备，用于 Ground Truth 与模型验证。

19. 数据飞轮与竞争壁垒

真实训练 → 纵向数据 → 专业标签 → 风险模型 → 专业服务 → 康复结局 → 模型迭代

19.1 壁垒不是“一个模型”

壁垒	为什么难复制
真实世界网络	50+ 场馆提供持续触点，而非一次性招募
纵向数据	同一用户跨周/月的训练-症状-干预-结局比单次视频更稀缺
多模态情境	人体动作 + 球 + 球场 + 训练暴露 + 症状
Clinical Ground Truth	需要专业评估、医院标签和长期随访
服务闭环	模型发现问题后能进入康复与复测，形成真实结局
软硬一体	场馆系统、采集终端、算法、工作台共同形成部署能力

> 核心飞轮
>
> 门店越多 → 可持续观察的人群越多 → 专业标签与结局越丰富 → 模型更可靠 → 服务价值更高 → 场馆与用户更愿意使用。但只有在授权、数据质量和临床验证成立时，这个飞轮才真正成立。

20. 产品路线图与里程碑

时间	产品/技术	科研/临床	商业
0-3 个月	采集协议、用户端 V0、专家工作台 V0、数据字典	确定课题、终点、伦理路径、PoC 协议	1-2 店内部试点
4-6 个月	室内动作/负荷基线、顶部相机 2D V1、风险规则基线	横断面采集、实验室子集验证	3-5 店科研试点
7-12 个月	多模态风险模型 V1、康复计划与复测闭环	启动前瞻队列、模型校准	10 店商业试点
13-18 个月	个体化模型、服务运营后台、质量监控	中期分析、课题论文/专利	验证 ARPU/转化/续费
19-24 个月	可复制部署包、跨门店模型治理	前瞻结果/干预研究设计	50+网络分层扩张决策

20.1 Gate 机制

- Gate A：采集质量不稳定，不进入风险模型训练。
- Gate B：专业标签一致性不足，不进入临床预测。
- Gate C：前瞻性校准不足，不输出精确概率。
- Gate D：服务闭环/合规未跑通，不做大规模商业推广。

21. 团队、资源与合作分工

21.1 现有团队基础

成员	现有角色/背景	新项目建议职责
林新力	Founder / CEO；体育科技、机器人、多智能体方向	产品战略、合作、场景与科研统筹
杜传	Co-Founder / CTO；人机交互/电子信息	系统架构、采集硬件、工程平台
唐帅	Co-Founder / CMO；新媒体/项目运营	GTM、门店运营、用户招募与品牌
刘檬	算法工程师；计算机科学博士	视觉/时序模型、数据管线、评估
李楠	华南理工大学、电机工程师；机器人竞赛背景	硬件集成、边缘设备、现场部署

成员	现有角色/背景	新项目建议职责
张聪辉	Advisor；全英体育创始人，体育赛事组织	体育专业资源与行业合作
郑雅元	产品经理、FDE 前沿部署工程师	面对客户 TPM、 R&D 团队，与销售和项目经理得到客户信任并且拿到 PO

资料口径：团队信息来自跃测科技 BP / 光迹感知 BP。正式版本需核对最新职位与履历表述。

21.2 新项目必须补齐的角色

- 临床 PI / 运动医学专家；康复负责人；生物统计/流行病学；运动生物力学；数据治理/隐私合规；医疗产品/质量体系顾问（视产品监管路径）。

22. 融资 / 预算模式与单位经济

方向	建议占比区间	主要内容
算法与产品研发	30-35%	视觉、风险模型、用户端、专家工作台、MLOps
科研与临床验证	20-25%	研究设计、评估、随访、统计、实验室 Ground Truth
采集硬件与部署	15-20%	顶部相机、边缘计算、安装标定、维护
试点运营与专业服务	15-20%	门店 SOP、康复师网络、客服、用户招募
安全合规与预备金	10-15%	隐私、安全、法务、质量体系、不可预见成本

22.3 关键商业验证

- 用户是否愿意持续授权并使用运动健康档案?
- 风险报告是否能显著提升专业评估的效率和质量?
- 既有门店用户的专业评估转化率与复测率是多少?
- 单店专业服务供给是否成为瓶颈?
- B2B 门店是否愿意为健康 SaaS / AI Court 支付新增费用?

23. 风险清单与应对

风险	严重度	问题	应对
临床有效性不足	高	视觉特征可能无法提供足够增量预测价值	先做小课题+前瞻验证；允许模型项目被否证
假阳性过多	高	造成焦虑和专业服务拥堵	校准阈值、展示置信度、专业复核、监测 PPV

风险	严重度	问题	应对
数据域偏差	高	室内/室外、不同相机、不同水平差异	域标签、分层模型、同人跨域校准
单摄像头能力被高估	中高	无法可靠得到 3D 动力学/组织负荷	V1 限定运动学；实验室子集建立代理模型
随访流失	高	无法获得未来结局	门店触点、短问卷、复测激励、研究运营
隐私/伦理	高	视频与健康数据敏感	授权拆分、去标识、最小权限、伦理审查
专业服务供给	中高	风险用户增加后康复师不足	分级服务、排班、合作机构网络
商业过早	中	科研未验证就大规模营销	Gate 机制；先研究/试点再规模化

24. 待决策问题与下一步

24.1 必须由项目方冻结的 12 个问题

10. 正式品牌：LUMINO / 光迹感知 / 跃测联合项目，还是独立运动健康品牌?
11. 9 万注册会员与 8 万+旧口径，以哪个日期和后台定义作为正式口径?
12. 首个科研课题：发球肩、网球肘还是重返运动? 只选 1-2 个。
13. 首期研究是否仅纳入成年人?
14. 室内屏幕落点/得分系统是否提供原始 XY、时间戳和接口?
15. 室外顶部摄像头可安装高度、供电/网络、预算、日夜环境与球场数量?
16. 首批 1-2 家 PoC 门店与 3-5 家科研门店分别是哪几家?
17. 康复服务由谁提供、资质体系如何定义、线上与线下边界是什么?
18. 医院合作形式：联合课题、横向合作、联合实验室/概念验证、临床验证中的哪一种?
19. 研究数据、模型、专利、论文和商业转化权益如何分配?
20. 用户端首版收费还是作为会员权益免费试用?
21. 融资目标是独立项目融资，还是纳入跃测/光迹整体融资?

24.2 建议下一步 30 天

周	动作	交付物
第 1 周	三方产品/临床工作坊；冻结课题与风险输出边界	研究问题、用户流程、标签草案
第 2 周	现场勘察室内/室外门店；测试视频与顶部相机	采集 SOP、BOM、质量阈值
第 3 周	完成康复师工作台原型与数据字典；医院评审	PRD V1.1、CRF/评估表
第 4 周	完成 20-30 人可行性采集（非临床结论）	PoC 报告、误差清单、正式研究预算

> MVP 成功的真正标准
>
> 不是“AI 给出了一个漂亮分数”，而是专业人员认为：这些连续训练数据和证据确实提高了风险评估、沟通或康复决策的效率；用户也愿意持续使用并完成复测。

附录 A. 数据结构建议

A.1 Session

字段	说明
session_id / user_pseudo_id	场次 ID / 去标识用户 ID
session_domain	INDOOR_CONTROLLED / OUTDOOR_RALLY / REHAB_TEST
start_time / duration	开始时间与时长
camera_config	相机、视角、fps、分辨率、标定版本
training_type	正手/反手/发球/截击/混合
exposure	有效击球数、训练时长、RPE 等
symptom_pre/post	训练前后症状简表
consent_version	本次数据适用授权版本

A.2 Motion Event

字段	说明
event_id / timestamp	事件 ID 与时间
phase	准备/引拍/前挥/击球/随挥/回位
pose_quality	关键点质量/遮挡/视角
joint_features	关节角、角速度、时序
asymmetry	左右差异/相对个人基线
racket/ball optional	球拍/球事件，如可用
evidence_clip	证据视频引用

A.3 Professional Assessment / Outcome

字段	说明
assessment_id / assessor_role	评估 ID 与角色
reason	风险触发/疼痛/复测/研究
functional_tests	结构化功能测试
professional_findings	专业人员独立结论
intervention_plan	训练/康复计划
followup_date	复测时间
outcome	症状、功能、诊疗、重返运动等
research_label	是否进入课题与标签版本

附录 B. 模型与指标公式

B.1 风险模型概念式

> Risk_t = F(Motion_t, Load_{1:t}, Symptoms_{1:t}, Recovery_{1:t}, History, Context)
> Motion 是运动学；Load 是训练暴露；Symptoms 是疼痛/功能；Recovery 是恢复状态；History 是既往史；Context 是室内/室外、来球难度、位置等。实际模型需由研究数据决定。

B.2 纵向异常

Deviation_t = (Feature_t - PersonalBaseline) / PersonalVariability。首版可以使用滑动窗口、EWMA 或稳健 Z-score 形成可解释基线，再与监督风险模型组合。

B.3 前瞻预测评估

对二分类结局至少报告 AUROC、AUPRC、灵敏度、特异度、PPV/NPV、Brier Score/校准曲线；对时间到事件可考虑生存分析/C-index。最终统计方案由临床与生物统计团队确定。

B.4 运动学不是动力学

普通视频可较好支持姿态、角度、时序与部分速度特征；关节力矩、地面反作用力、肌腱/组织负荷等属于动力学或生物力学推断，需要力台、IMU、肌电、实验室多视角等 Ground Truth 才能验证视觉代理。

附录 C. 资料来源与口径说明

资料	本文件使用内容	注意事项
《跃测科技-BP.pdf》	50+门店、9 万会员轨迹、百万次挥拍、场馆系统、姿态/鹰眼、团队、原融资/路线	9 万与旧口径 8 万+需冻结；部分数据为公司规划/测算
《光迹感知（深圳）科技有限公司.pdf》	AI 动作纠正、人体动作监测、球速/落点、跟随拍摄、线上真人教练、硬件+软件+服务	原“网球动森”与情感陪伴不纳入本 PRD 主线
《业务交流讨论内容 0923(1).pdf》	运康中心六位一体、运动损伤 AI 评估、智能康复、体卫融合、科研转化、临床验证场景	用于合作构想；不等同于已达成合作
《教练动作模仿数据标注产品 PRD-20260824.docx》	采集、阶段、版本、授权、数据质量、相似度≠正确度等工程原则	健康风险模型需另建临床标签，不复用“相似度”作为风险结论

C.1 口径状态标签

- 【来源事实】来自现有公司/医院资料。
- 【规划假设】本 PRD 为了形成可执行方案提出，需项目方确认。
- 【科研待验证】必须通过研究设计和数据验证后才能对外宣称。
- 【商业待验证】需要试点转化、成本与续费数据后才能写入融资模型。

从“看见动作”到“理解风险”，

再到“专业介入与重返运动”。

LUMINO / 光迹感知 × 跃测网球 × 临床科研合作

产品 PRD × 商业计划书