视觉动捕与可穿戴运动监测方案对比

多运动场景下的商业价值与康复应用

调研日期：2026-10-20 | 项目资料更新：2026-10-21 | 机构状态更新：2026-11-14 | 网球、篮球、足球、羽毛球

核心建议：依托跃测室内馆场景，以光迹感知网球陪伴机器人承载捡球、跟拍与数据采集；以停驻视觉完成有限任务复测，按需补充 IMU，并通过运动健康档案连接医院专业服务。

本报告回答四个经营问题：谁付费、为什么付费、服务怎样交付、什么条件下有经济价值；并回答三个康复问题：数据支持哪些决策、专业人员怎样参与、疗效与风险判断需要什么证据。

项目背景依据用户最新说明及 LUMINO PRD：跃测全国 50+ 店、光迹感知模型与产品研发、医院均为潜在合作机构，包括北京大学深圳医院—运动医学与康复医学中心、深圳南山区人民医院。建议分工见第 10 节。本轮资料未提供本产品转化、续费、临床疗效或损伤预测的实测结果；价格、成本与销量算例为假设。



图 1. 根据项目方资料绘制的协作示意，职责与数据流为建议设计；医院中心名称采用 PRD 表述，两家医院均为潜在合作机构，具体合作待约定。50+ 为网络口径，PRD 含装修中门店，不能视为全部已部署或付费。健康学员可以持续使用教学服务，不必进入诊疗。[S33-S34]

阅读导航

1. 决策摘要与证据分级
2. 市场基础与可服务空间
3. 客户、付费主体与购买动机
4. 竞争产品与项目差异化
5. 服务产品设计与交付物
6. 视觉和穿戴方案的商业取舍
7. 康复证据：有效的是哪一部分
8. 从专业评估到回场的服务流程
9. 指标、数据和专业人员分工
10. 三方协作、机器人载体与收费逻辑
11. 三层经济模型与敏感性分析
12. 数据积累与损伤预测的长期价值
13. 进入市场的路径与决策条件
14. 风险、优先级与下一步规划
15. 多运动场景拓展：篮球、足球、羽毛球
16. 检索方法、证据缺口与参考来源

1. 决策摘要与证据分级

商业上最值得优先探索的，是帮助机构把一次课程或一次就诊延伸为可记录、可解释、可跟进的服务。消费者更容易理解“知道练了什么、练习是否完成、功能有没有变化、何时需要专业复核”，而不是单独购买关节坐标或不透明的受伤概率。这是产品判断，仍需要以后的真实付费行为确认。

康复上，运动采集应与患者报告和功能测量共同使用。临床实践指南把疼痛、功能量表、活动范围和握力等纳入评估；2022 年一项肘痛数字康复队列提示远程多模式服务具有可接受性，但不能分离出 IMU 自身贡献。视觉辅助康复试验的结果也不一致，说明设备之外的专业监督、任务设计和随访质量同样重要。[S07-S10]

收入上应区分球馆收入、医疗服务收入和平台收入。国家医保局康复类立项指南将“人工智能辅助”作为扩展项，与相应主项目执行同样价格，不得重复收费；具体落地价格仍由地方管理。这会限制“每加一个 AI 功能就向患者加收一笔诊疗费”的设想。[S13]

判断	当前依据	对经营决策的含义
项目已有具体场景网络	用户提供跃测全国 50+ 店；PRD 网络口径含装修中	分开核算部署、有效采集和付费店数，不将网络数当订单 [S33-S34]
动作视频与远程随访已有产品供给	SwingVision、PlaySight、KINVENT、VALD 官方资料	一般视频分析或训练打卡功能面临成熟替代方案
康复服务可采用数字化交付	临床指南、肘痛队列、肩部随机试验	有可行性依据；不能保证本项目疗效或双机位优于 IMU
固定区视觉降低佩戴负担	设备结构与操作流程推断	可能提高接入便利性；提升留存或收入尚未证实
潜在医院协作已纳入项目背景	项目方列出潜在合作机构，PRD 给出建议分工	专业任务、合同和接口仍需落实；潜在合作意向不是疗效证据 [S33-S34]
个体致伤概率可立即收费	本项目缺少前瞻结局及有效性证据	暂不作为基础收入或对外承诺

本报告区分五类信息：公开事实、研究发现、项目方资料、工程/产品判断、经营假设。指南建议不等于本项目疗效，厂商功能不等于独立验证，统计人数不等于支付意愿。未做形式化的 GRADE 评级，也没有把不同研究误差合并成一个“准确率”。

2. 市场基础与可服务空间

体育总局公开的《中国网球事业发展基础数据》显示：调查截止 2024-08-31，网球人口约 2519 万，网球场地 53805 片，教练员 43981 名，市场化培训机构门店 5592 家，其中北京 743 家。它们是项目可参考的行业底数，不能解释成 2026 年实时规模。[S01]

国际网联的 2024 年报告给出全球约 1.06 亿参与者，并说明休闲参与者可以是一年参加一次，核心参与者约为每月至少一次。因此，参与人口与持续付费学员之间存在明显距离。国内调查与 ITF 的统计口径、截止时点也应分开，不将其相加或直接计算本产品渗透率。[S02]

本项目已明确从跃测室内馆网络切入，优先考虑固定采集空间、稳定课程、报告使用者与专业服务触点。全国门店统计用于了解外部空间，跃测网络用于测算具体部署路径；两者不可当作同一客户池相加。50 店软件与机器人情景见 11.4。[S33-S34]

估算层级	明确口径与假设	算例结果	不能据此声称什么
已公布门店口径下的软件费情景总额	5592 家 × 假设 12000 元/年	约 6710 万元/年	不是实测市场收入，也没有证明每家都有需求
北京适配门店情景	743 家 × 假设 25% 适配 × 12000 元/年	约 223 万元/年	25% 不是调研得出的比例；不是已获得订单
可获取规模情景	10、30、60 家付费门店，每家 12000 元/年	年经常性收入 12、36、72 万元	未计流失、折扣、收款延迟与获客产能

以上是自下而上的经营算例，统一只计算软件费，不叠加医疗机构收入、球馆课程费或学员付费，避免重复计算。康复机构市场未取得适配机构的可靠数量，因此本报告不填造全国“运动康复市场规模”。

这组算例揭示一个现实约束：**网球垂直领域能够成为进入市场的起点，但低客单价的软件订阅未必足以支撑较大的研发与临床运营团队。**后续增长可以来自连锁机构、提高交付价值、较高价值的专业工作流，或在证据和产品适配后扩展到羽毛球、篮球及足球的特定任务（见第 15 节）；不能提前将这些相邻市场收入算入当前可服务规模。

3. 客户、付费主体与购买动机

客户或使用者	可能购买的具体结果	可能的付费主体	购买阻力
持续参训的成年新手	课后知道练什么、看到进步、复习教练意见	学员，或由球馆包含在课程中	不愿额外戴设备，不理解分数，报告与课堂无关
有反复不适的业余爱好者	整理症状和训练经历，得到专业评估与连续跟进	学员/患者向实际服务主体支付	担心过度诊疗、恢复承诺失真、流程麻烦
伤后获准逐步回场者	训练量与功能记录连贯，教练和康复人员信息一致	学员/患者，或服务机构	回场指标不清、重复测试、收费项目难理解
球馆经营者	提升服务差异、稳定报告交付、增加续费或合理增值服务	球馆、培训连锁	装好不用、教练嫌麻烦、难证明收入或工时收益
康复机构负责人	复测和随访更完整，减少整理记录的时间	康复机构/医院	临床工作流不匹配、系统集成、采购和责任要求
教练及治疗师	快速找到要复核的片段，避免重复记录	通常不是最终预算决策人	数据过多、解释不可靠、没有时间处理提示

优先建议选择“固定场地、成年持续参训学员、机构有服务负责人”的切入点。这是为降低运营复杂度而作的定位判断，不表示青少年或高水平运动员没有需求。青少年项目还涉及家长沟通、未成年人信息处理和不同的训练目标，适合单独设计。

付费理由最好对应可交付物：每月一份经教练复核的变化报告；一次规范的专业功能评估；一个持续跟进的康复过程；或机构端一套能省时、可追溯的工作台。报告中“AI 使用次数”“传感器数量”可以作为成本信息，但通常不足以独立说明用户获得了什么。

客户价值需要按使用者分别确认。教练觉得好用，不等于球馆老板认为值得采购；患者满意，也不等于治疗师处理时间下降。销售阶段应同时了解预算决策者、日常操作者和接受服务者，避免只收集某一方的正面反馈。

4. 竞争产品与项目差异化

对照产品或做法	官方可确认的定位	价格与证据边界	对本项目的启示
教练现场观察 + 手机录像 + 消息跟进	本项目必须考虑的常见替代流程，非特定厂商	成本取决于工时；本次未做教练访谈	新系统需要减少整理负担，或带来额外服务价值
SwingVision	网球视频剪辑、击球统计、分析等	开发者公开页面列 Pro 约 US$179.99/年；地区、渠道及促销不同	单纯“自动视频 + 统计”已有消费级价格参照 [S03]
PlaySight Tennis SmartCourt	多视角录像、回放、直播、教学及比赛分析	所查官方页以演示和销售联系为主，无统一可核对报价	球馆部署是成立的产品形态，但不等于康复闭环 [S04]
KINVENT K-Move / K-Grip	关节活动度与握力等专业测量、报告和反馈	厂商功能说明，不作为临床效果保证；整套报价待询	康复价值可围绕具体功能指标，而不追求全身传感器堆叠 [S05]
VALD MoveHealth	家庭练习计划、教育、患者报告量表及结果呈现	官方称对专业人员及患者免费；硬件和其他服务另论	只有打卡、动作库或发报告功能，收费壁垒可能较弱 [S06]

VALD 已将 TeleHab 更名为 MoveHealth，本次按当前名称讨论。厂商网页只能证明产品提供哪些功能，不能证明其提高疗效、留存或医疗机构利润。SwingVision 的海外美元价格也不能当作中国客户支付意愿的证据。

本项目可以争取的差异化是：依托跃测日常训练场景和光迹感知机器人的服务入口，以具体网球任务组织数据，使教练和康复人员能回顾同一人的训练暴露、症状及专业意见，并延续到回场记录。价值需要由实际使用和专业协作体现。[S33-S34]

可能形成长期积累的能力	建设内容	当前状态
网球任务与功能评估的映射	正反手、发球、分解动作与具体问题、质量标记对应	可设计，尚未验证
同一人连续记录	症状、负荷、功能、专业判断、干预和结局有时间关联	已有教练参考及 PRD 业务数据口径，临床纵向链完整性尚无结果
机构协作和交付	教练看什么、治疗师复核什么、异常由谁处理	拟议流程
可靠的数据权限与审计	按角色提供必要信息，记录用途、版本、授权与操作	应纳入产品基础能力
可重复的服务经济性	每条有效报告成本、人员时间、续费和结局跟踪	目前只有假设模型

不宜把一名教练的“标准动作”作为所有人的医学安全目标。身材、惯用手、既往伤病、技术风格及任务不同，合理动作也会不同；更有用的比较通常包含个人近期基线、任务完成情况及专业人员判断。

5. 服务产品设计与交付物

建议把服务设计成三种可以独立说明价值的产品，避免要求健康学员为不必要的诊疗买单。以下是产品草案，不是已上线套餐或收费目录。

产品	适合对象与内容	应交付什么	应避免的承诺
日常学练反馈	无明确诊疗需求的学员；记录有限动作并由教练解释	关键片段、少量可读指标、一个优先练习点、个人趋势	“比专家差多少就有多少受伤风险”
专业功能评估支持	有需要者经专业人员评估，记录疼痛、功能与标准任务	专业评估记录、使用的数据、后续安排；必要时检查	仅看视频或 IMU 就下病理诊断
康复随访与渐进回场支持	已有专业计划、需要持续观察和调整者	练习完成、症状响应、功能复测、回场负荷与调整记录	固定周期治愈、自动恢复比赛许可

机构端可以采用“软件订阅 + 实际部署服务 + 有明确工作量的支持服务”报价；涉及患者的诊疗和康复服务，由实际合规服务主体按其适用规则提供和收费。转诊量不作为平台计费的基础假设。

日常反馈可围绕一节课中有限的代表性片段，自动预整理后由教练快速确认。康复随访则需要专业人员定义哪些任务可以在家做、哪些变化需要复核，以及何时不能继续自动反馈。两种工作流可以共享采集平台，但不能只换报告模板就视为同一种服务。

一个可供评审的月度交付草案是：日常课程中保留若干可用片段，提供一页个人趋势，并包含一次明确时长的教练复核。报告应写明任务、指标变化、数据不足之处和下次关注点。后文经济模型将复核时间单独计成本，不假定 AI 使人工成本归零。

6. 视觉和穿戴方案的商业取舍

网球示例沿用三档配置：V 为后上方 RGB + 前侧约 45° RGB-D；I2 为视频 + 上臂和前臂两枚 IMU；I4 再增加胸廓和骨盆两枚。I2/I4 是上肢配置，不能直接代替其他项目的下肢测量。前侧 RGB-D 的内部双目不计为两个远距离外部机位。

经营问题	双机位视觉 V	I2 / I4 的增量	选择含义
首次和每次接入	进入采集区，确认身份和任务	增加佩戴、左右侧、固定、标定和配对	高频日常采集通常更在意重复操作负担
固定区服务吞吐	摄像头可供学员依次使用	需要每人一套或轮换，轮换有时间成本	按实际完成记录数测算，不能只算硬件套数
远端快速旋转或遮挡	受可见性、帧率和骨架自由度限制	可提供局部角速度和身体段姿态补充	专项加测比全员佩戴更容易解释用途
全场移动	近距 RGB-D 不覆盖全场精细动作	身体传感器可跟随人，受无线/缓存等限制	不受限对打可能需要重新配置方案
运维	机位、光照、标定、同步、存储与计算	充电、消毒、绑带、滑移、饱和和节点识别	两种方案均需要质量管理
康复新增能力	低速标准动作、回放、活动范围趋势	特定身体段的细节与连续记录	要看它是否改变专业决策，不能按数据量定价值

若使用现有 Gemini 335，官方列出的理想深度范围为 0.26-3 m。双机位要联合重建同一时刻的人体动作，还需外参和时间对齐；软件同时启动不等于曝光同步。IMU 也有固定、解剖标定、漂移、磁干扰与量程问题。相机内置 IMU 记录相机运动，不替代身体节点。前侧相机若由机器人承载，停驻与移动状态需分别处理（见 10.2）。[S18-S19]

公开原型价格可作为购置参照：Gemini 335 一台 US$264；MMRL 单节点 US$99.99-106.99，两枚约 US$200-214，四枚约 US$400-428。税运、绑带、电脑、部署、维护和研发另计，库存及采购条件变化；低价节点的性能不能等同于研究级动捕系统。[S18-S19]

佩戴方案的时间成本可用公式“额外分钟数 × 完全人工成本/60”估算。假设人员成本 120 元/小时，每人多用 1、3、5 分钟，对应 2、6、10 元/人次；这是敏感性算例，尚未实测。相机也有开场和移位后标定成本，固定场地可以分摊，移动场地未必。

对康复产品而言，握力计、标准化问卷和明确的负荷记录有时比增加更多 IMU 更贴近问题。比如前臂传感器不会直接测出患者能否无痛握紧球拍；视觉中肘角恢复，也不能证明握力和组织耐受已经恢复。

建议把“每条可用记录的成本”作为传感方案经营指标：设备及开发摊销 + 采集操作 + 返工 + 存储计算 + 专业复核。若某指标经常因遮挡或滑移不可用，应允许不出结论，不能为保证报告数量而填入模型猜测值。

7. 康复证据：有效的是哪一部分

证据	核心观察	能支持什么	重要限制
外侧肘痛临床实践指南，2022 [S07]	强调功能量表、活动范围、握力等评估；根据问题安排干预	服务应围绕疼痛与功能，不只围绕姿态分数	指南不是本系统的验证；任务与测量工具仍需适配
肘痛数字康复队列，2022 [S08]	132 人开始，112 人完成 8 周；QuickDASH 平均改善 11.9 分；平均每周 3.5 次训练	远程综合服务有可行性与参与度信号	单组研究，存在企业关联；包含运动、教育、心理行为内容和专业监督，不能归因给 IMU
肩关节粘连性关节囊炎 AR/Kinect 随机试验，2025 [S09]	招募 100 人；两组随时间改善，未发现结局的显著组别×时间交互	摄像头辅助服务可以研究，但未证明必然优于常规家庭练习	肩部任务，不能推广为网球肘或本双机位等效证据
肩袖相关肩痛 AI 家庭训练随机试验，2026 [S10]	46 人；4 周疼痛组间差约 -1.01 分，12 周后额外医疗使用为 3 对 10 人	视觉反馈叠加常规治疗在某些场景可能有增量	单中心、小样本；不是网球肘，技术与额外服务未被单独拆分
OPTimisE 外侧肘腱病可行性试验，2024 [S11]	50 人随机；干预和研究流程可接受	规范化服务流程与患者参与值得设计	试验以可行性为目标，不能当作已确证的优效性结果

表中 2025、2026 肩部试验主要依据可读的出版商摘要，未取得完整全文；不据此扩展未报告的结论。未检索到本项目“双机位 V 对 I2/I4”在网球肘康复疗效上的直接随机比较。配套《商业与康复证据矩阵.csv》保留研究设计、可得资料和外推限制。

这些证据的共同启示是：**把采集工具嵌入专业服务比单独销售传感器读数更有临床逻辑。**现有数字康复结果来自整套交付，可能同时包含提醒、教育、反馈、沟通和运动计划，不能将总疗效解释为某种传感器的功劳。

本项目未来如果以“功能改善”为卖点，应衡量患者功能、症状、实际活动和不良事件；如果以“效率”为卖点，应衡量记录与复核的总工时。动作识别率、平台登录量、满意度和报告篇数都不能替代这两类结果。

8. 从专业评估到回场的服务流程

下表是服务设计框架，不是面向某位患者的训练处方。阶段进展应由实际负责的专业人员根据症状、功能和任务表现决定，不按购买套餐的周数自动升级。

阶段	专业任务与训练方向	系统适合记录	阶段判断由谁完成
健康学练与教育	技术指导、合理安排训练、认识症状和疲劳	动作片段、训练时长/次数、自我感受	教练负责教学；有症状时转专业评估
初始专业评估	明确问题、鉴别诊断、确定是否需要进一步检查或限制活动	病史、症状位置与时间、功能量表、检查结果	具备相应执业资格的医师及专业团队
负荷与症状管理	教育、调整诱发负荷，安排适合的基础练习	练习剂量、当时与之后的症状响应、日常活动	按专业计划执行与复核
功能与力量恢复	根据缺陷安排腕前臂、肩带或其他相关部位的渐进练习	活动范围、无痛握力/力量、动作完成和耐受	康复专业人员评估并调整
网球任务整合	将已恢复的能力用于分解挥拍、步法和协调任务	任务类型、速度/数量、动作质量、疲劳与症状	康复人员与教练协作
渐进回场与维持	逐步恢复训练量、复杂度和比赛要求，观察后续反应	击球/发球量、时长、主观用力、功能与症状变化	专业团队结合运动目标决策

网球回场文献主张基于功能条件逐步推进，同时承认具体标准缺少完全一致的证据。因此，本产品可以支持有序记录与团队协作，但不能把某一个固定角度、对侧握力百分比或“连续无报警几天”当作所有人的回场许可。[S12]

练习方向可包括适合当前状态的腕伸肌渐进负荷、活动度、前臂旋转控制，以及经评估确有需要的肩带、躯干和下肢训练。采用何种收缩方式、负重、次数、频率和允许症状范围，应来自个体化专业计划。系统宜记录计划与执行差异，不自动以“动作像专家”替代剂量和耐受判断。[S07]

每次训练后至少需要知道：是否完成、完成了多少、使用何种阻力、是否出现不适、之后的症状是否改变。摄像头可以辅助判断次数、节奏、可见代偿与活动范围，但弹力带张力或实际握力需要额外测量或人工输入；IMU 同样不能自动解决所有负荷测量。

如果出现新的明显外伤、进行性无力或麻木、明显功能丧失等情况，产品流程应停止自动进阶并提示专业评估。这是服务分流逻辑，算法不据此确定具体疾病。没有症状的动作差异，也不应自动触发“患者化”标签或付费诊疗推荐。

一个合理的回场记录页应显示“当前允许任务、最近完成剂量、当次及之后反应、复测结果、谁在何时作出调整”，而不只显示一个康复百分比。对有不同目标的人，回到日常打球和回到高强度竞赛可能是不同终点。

9. 指标、数据和专业人员分工

数据层	建议内容	采集责任与用途
患者报告	疼痛、功能困难、个人目标；合适的 PRTEE、QuickDASH 等	学员/患者填写，专业人员解释；选择合适语言版本并核对使用条件
训练暴露	日期、任务、时长、击球/发球量、主观用力、恢复情况	学员和教练记录；区分“算法识别数”与真实总量
动作与质量	片段、可观察指标、遮挡、同步/标定状态、算法版本	系统预整理，教练或专业人员复核
功能与力量	活动范围、无痛握力、所需力量/耐力测试	按标准姿势与工具进行；记录仪器、单位和测试条件
临床判断	问题、检查、必要影像、适合的干预及限制	相应资质人员负责，不由教学模型自动生成最终判断
过程与结局	计划、实际完成、修改原因、不良事件、回场与复发/再就诊	由实际服务团队持续记录，保留时间线

相同人复测时，应尽量保持任务、测试姿势、惯用侧、设备和处理版本一致。报告需要分清“数值改变”和“超过测量误差的改变”；最小可检测变化与临床上有意义的改善也不是同一概念。当前尚不能给本系统设置统一的临床阈值。

责任分工建议：医师负责其职责范围内的诊断与医疗决策；康复治疗专业人员承担相应功能评估、训练实施与随访；教练负责网球教学和已明确限制下的练习安排；平台负责数据采集、权限、质量提示和辅助呈现。“康复训练师”这一称呼本身不能证明拥有医师诊断资质。

教练端通常只需看到经同意共享的训练安排、需关注的表现和相关限制。医院端可在授权范围内查看更完整的症状与临床资料。平台研发人员应使用满足目的所需的最少资料，不能默认所有影像和病历都可用于训练模型。

医疗健康信息属于敏感个人信息。教学服务、诊疗协作、科研和模型开发用途需要分别明确合法依据及相应告知、同意等要求；不能用一次笼统授权覆盖未来所有用途。具体应结合适用法律的例外和机构流程确定，涉及不满 14 周岁儿童还应落实监护人规则。[S17]

10. 三方协作、机器人载体与收费逻辑

10.1 最新项目基础与三方分工

本节依据用户 2026-10-21 补充及所提供的 LUMINO 产品 PRD 更新：数据采集场景为跃测网球室内馆，全国网络为 50+ 店；光迹感知负责运动损伤模型和产品研发，以网球陪伴机器人承担捡球、跟拍和数据承载；北京大学深圳医院—运动医学与康复医学中心、深圳南山区人民医院均按项目方最新说明列为潜在合作机构。[S33-S34]

PRD 第 12 页使用“北京大学深圳医院运动医学与康复医学中心”这一名称。本报告沿用机构名称，并按项目方 2026-11-14 最新说明，将其与深圳南山区人民医院均标注为潜在合作机构。下面的职责是待讨论的建议分工，具体科室任务、合同、数据接口和采购安排尚未在本轮资料中明确。

主体	项目中的定位	建议承担的具体工作	可交付与可评估的价值
跃测网球	连锁训练场景与持续服务触点	门店排期、学员关联、教练复核、日常训练记录与复测触达	持续有效采集、课程体验、教练工时、学员使用与续费
光迹感知 LUMINO	运动损伤模型、机器人与软件产品研发	机器人及相机集成、质量管理、动作/状态模型、健康档案、专业工作台	可用数据与报告、设备服务能力、交付成本、专业人员实际使用
北京大学深圳医院—运动医学与康复医学中心、深圳南山区人民医院及相关专业团队	潜在合作机构；专业协作方向待约定	协作定义具体问题、专业评估与结局；按需要开展诊疗、康复及研究	专业判断、功能变化、随访和临床证据，范围依实际合作约定

商业价值因此从“向陌生球馆销售采集设备”进一步转为“在已有网络中提供持续运动服务”。机器人可以先通过捡球、跟拍和训练复盘提供日常价值，再让有需要的学员进入专业服务。节省多少工时、是否提升使用和收入，仍需实际记录，不能由网络规模直接推出。

PRD 第 4 页的 50+ 店统计截至 2026 年 8 月且含装修中；第 1、4 页的 9 万会员、百万次挥拍属于内部业务资料口径。它们分别不是已开业并部署的门店数、月活跃付费人数或带完整临床结局的独立样本数。本轮不将这些数值外推为模型性能或收入。[S33]

建议在运营数据中分开维护可触达门店、已部署门店、稳定产生有效记录的门店、合同覆盖及付费门店。总部采购可能是一份合同覆盖多店，门店数与独立客户数应同时保留。

10.2 机器人作为采集与服务入口，档案由平台持续承载

按照用户最新定位，网球陪伴机器人是项目的重要产品载体：捡球和跟拍提供使用入口，机载相机与边缘计算承担采集及预处理，软件平台关联同一人的训练、症状、专业意见和后续结局。用户换场地、换机器人或进入医院后，记录仍应连续，不能绑定在某一台设备的本地文件中。

机器人工作模式	建议支持的任务	数据使用与质量条件
停驻采集/复测	在指定位置记录分解动作或标准任务，与后上方固定 RGB 配合	前侧约 45° RGB-D 可作为配置候选；每次移位后确认外参、视野、同步和稳定状态
移动跟拍	保留日常训练片段、动作事件与可用趋势	相机位姿会变化，需要运动补偿和质量标记；不能沿用停驻时的固定外参或默认相同误差
捡球作业	提供场馆服务并记录运行状态、任务用时和人工接管	与人体采集区分；机器人行走轨迹不当作学员步法，遮挡或振动片段不自动进入复测结果

以上是工程方案，不表示机器人已具备相应性能。若前侧深度相机装在机器人上，建议先通过可重复停靠位置完成固定任务，再评估移动时的测量用途。相机或底盘自身 IMU 用于描述设备运动，不能替代佩戴在学员身体上的 IMU。

PRD 的统一时间轴可落实为：学员与授权 → 场次与训练情境 → 动作事件及证据片段 → 症状与功能 → 专业评估 → 计划与执行 → 复测及结局。各环节保留发生时间、记录来源和版本；不同用途的数据按授权关联，不要求全部原始病历和影像复制到机器人。[S33]

数据对象	对现有 PRD 的必要补充
场次 Session	门店/场地 ID、去标识学员 ID、室内/室外/康复任务、机器人 ID、固定或移动机位状态
采集质量	相机与标定版本、时间偏移、设备位姿来源、关键点可见性、缺失/返工原因
机器人作业	跟拍、停驻、捡球的切换时间；任务完成、可用时长、人工介入与维护
专业记录与结局	评估人及角色、独立意见、检查来源、计划、复测时间、随访完成与未知结局

室内门店是本轮主要数据域。PRD 的室外球场与家庭复测保留为扩展方向；不同来球难度、对抗情境、镜头运动和采集质量应有明确标记，避免将场景变化误解释为个人功能下降。

10.3 与 PRD 对齐：运动健康档案、分层模型和专业工作台

PRD 提供了从采集到专业服务的产品结构，适合承接本报告的视觉与穿戴取舍。产品核心对象沿用 Athlete Health Profile：在统一时间轴组织训练暴露、可观察动作、症状、功能、专业意见和结局；它是运动健康记录，不代替医院电子病历。[S33]

PRD 模块或原则	本次保留与落实	需要调整的边界
A 技术表现	教练任务、动作阶段、节奏与个人变化	相似教练或技术分提高，不等于疾病风险降低
B 运动学特征	可测角度、时序、重复性及质量状态	角度、力矩、组织载荷分别定义；模型估计不写成直接测量
C 风险/状态筛查	先定义具体用途、证据片段、变化及需复核事项	低/中/高风险同样需要相应证据；不用百分比并不自动使筛查有效
D 临床评估	专业人员独立记录判断、必要检查、计划和随访	诊断、治疗与处方由相应资质人员在适用服务体系内完成
用户端与专家工作台	简洁报告、症状记录、预约授权、时间轴、复测与审计	教练端和专业端按职责显示信息；模型不能覆盖专业意见
采集载体	保留固定视觉及必要专项穿戴的兼容能力	按本轮新要求，将机器人从 PRD 的可选载体调整为重点产品与数据入口

健康学员不应因为没有模型报警就被标记为已证实“低医学风险”。当前可以提供训练记录与状态变化；要输出某类伤病的筛查等级，应先明确目标事件、适用人群和证据要求。精确概率只是其中要求更高的一种输出形式。

医院判断也需要有明确标签定义。影像发现、症状、功能测试、医师诊断和未来伤病事件回答不同问题，不宜合并为一个“医院最高可信标签”。有症状者更可能就诊，未就诊者或失访者不能默认无损伤；模型表现需要保留这些选择与缺失情况。[S20,S33]

专业人员否定模型的记录可用于后续误差分析，但不能直接自动变成在线学习的正确标签。应保留其当时看到了哪些模型信息，避免用受模型影响的判断反过来证明同一模型有效。来源标签、复核流程和研究用途需要分别管理。

PRD 提出的“有效闭环率”适合作为流程指标。建议分别统计日常训练反馈、需专业服务者及已进入康复者的完成情况，预先定义分母和复测窗口；没有诊疗需要的学员不必进入医疗链。流程完成率与临床改善、模型预测表现分别报告。

10.4 合作服务与收费边界

以下沿用前版公开政策分析，并将服务主体落实到跃测、光迹感知和潜在医院协作场景。它描述可讨论的收入结构，不是三方已经约定的收费、采购或分成方案。

合作内容	对应服务交付	光迹感知可能取得的收入	核算边界
日常机器人与软件服务	捡球、跟拍、记录、报告和运维	设备销售/租赁、软件、部署及服务费，按合同	选定合同模式核算，不把相同设备重复算销售与租赁收入
临床工具或流程共建	档案、复测、工作台、培训与技术支持	真实采购或技术服务收入；共建也可能产生支出	医院采购预算与患者诊疗收费分别核算
专业服务衔接	有需要者获得评估、康复与回场安排	平台按其实际交付及合同取得的技术服务部分	医院、康复、教学和平台各自收入不能全部计为平台收入
科研或联合开发	数据协议、课题工具、模型开发与研究支持	专项经费、研发或技术服务收入，视约定	临床研究、日常服务、成果转化各自明确范围

国家医保局 2024 年康复类立项指南设置“人工智能辅助”扩展项，与主项目执行同样价格、不能重复收费，地方按指南对接定价。它不支持把同一诊疗项目简单计成“原诊疗费 + AI 诊疗费”。具体机构的适用项目与价格仍按实际规则确定。[S13]

若涉及互联网诊疗，应由符合要求的医疗机构和医师开展。现行监管细则明确其他人员和 AI 软件不得替代医师本人提供诊疗服务；普通训练报告、远程功能随访与医疗诊疗需要按实际内容区分。[S14]

产品的医疗器械属性取决于预期用途、功能、组成和风险。采用无穿戴视觉，或将相机装在捡球机器人上，都不能单独决定医疗产品分类；本报告不预先认定类别。[S15-S16]

PRD 第 15 页列出的会员、专业评估、康复、SaaS、硬件及科研收入，可以用于描述服务体系，但项目财务必须按收款主体、履约义务和合同分别建立口径。诊疗和康复流水不能直接相加成为光迹感知的软件经常性收入。[S33]

商业价值的主要依据应是设备和服务被持续使用、记录帮助专业人员完成工作，以及客户愿意为明确交付付费。转诊率不能成为单独追求的盈利指标，更不能通过增加缺乏依据的风险提示来提高就诊数量。

11. 三层经济模型与敏感性分析

本节全部价格、工时、成本和销量为经营假设。它们用于找出影响可行性的变量，不是实际报价、收入预测或医院收费标准。金额为人民币，除另有说明外按未单独拆分税费的经营口径；未计的成本逐项说明。配套《商业与康复服务经济模型.csv》列出输入与结果；其中公式为说明文本，修改输入后需重新计算。

11.1 平台：软件订阅能否覆盖团队

假设球馆自购设备，平台主要收取软件订阅费；部署费仅按实际约定处理，不把硬件转售和医院收入加入经常性收入。月费假设为 1000 元，单店每月直接云服务、维护支持等合计 300 元，单店月贡献为 700 元。另假设固定研发、销售基础与管理开支为 60000 元/月，且不重复包含已计入直接交付的部分。

付费门店数	月收入	扣单店直接成本后月贡献	再扣固定开支后的月余额
10	10000	7000	-53000
30	30000	21000	-39000
60	60000	42000	-18000
86	86000	60200	200

这一静态模型需要至少 86 家持续付费门店覆盖上述固定支出，尚未包含当期新增获客、坏账、税费及额外硬件投入。它不是“86 家就一定盈利”的结论。按同样单价，10、30、60 家门店的年软件收入分别为 12、36、72 万元，规模与人员配置必须匹配。

假设月费，单店直接成本均为 300 元/月	单店月贡献	覆盖 60000 元固定支出所需门店
800	500	120
1000	700	86
1500	1200	50
2000	1700	36

提高价格在公式上会减少所需门店，但可能降低成交率或提高服务要求。不能只使用价格提高后的毛利、仍假设销量和支持成本不变。MoveHealth 的免费基础功能也提示：较高价格需要由网球任务适配、专业流程、部署可靠性和服务结果解释，而非仅靠动作库或打卡。[S06]

若单店获取成本假设 3600 元、未收回的实施成本 1200 元，按每月 700 元贡献折算，回收期约 6.9 个月。这个结果要求该门店持续付费且直接成本稳定；它不是实际现金回款时间，也没有包含客户流失。不能在没有留存数据时给出可靠的终身价值。

11.2 球馆：学员增值服务能否负担系统

假设一馆有 200 名月活跃、可接触的学员；其中部分人自愿购买 99 元/月的非诊疗教学反馈服务。每位付费者每月包含若干日常采集和一次 10 分钟教练复核。教练完全工时成本假设 120 元/小时，复核成本 20 元；另计采集协助、支付等直接成本 10 元，合计 30 元/付费人月。

固定增量费用假设为每月 1600 元：软件 1000 元、设备摊销 300 元、现场基础维护 300 元。设备摊销只是预算输入，不能倒推为已确认采购价。假设基础课程的收入与成本保持不变，暂不计任何未经证明的续费提升。

假设购买率	月付费人数	增值服务月收入	扣直接成本和 1600 元固定增量后的余额
10%	20	1980	-220
20%	40	3960	1160
35%	70	6930	3230

公式为“付费人数 ×（99-30）-1600”。至少需要 24 名付费者，即这 200 人中的 12%，才跨过本模型的增量收支门槛。该余额仍不是球馆总净利润，未加入基础场地租金、课程开支、税费、新增广告和挤占课程时段的机会成本。

若全员日常佩戴 IMU，另外假设每人每月 4 次采集、每次额外操作 3 分钟，按同一人工成本新增 24 元/人月，单人直接成本变为 54 元。此时同样 99 元收费下，门槛变为至少 36 名付费者，即 18%；40 人购买时增量余额从 1160 元变为 200 元。这不是实测 IMU 劣势，而是说明佩戴工时必须由新增价值、专项加测价格或效率改善承担。

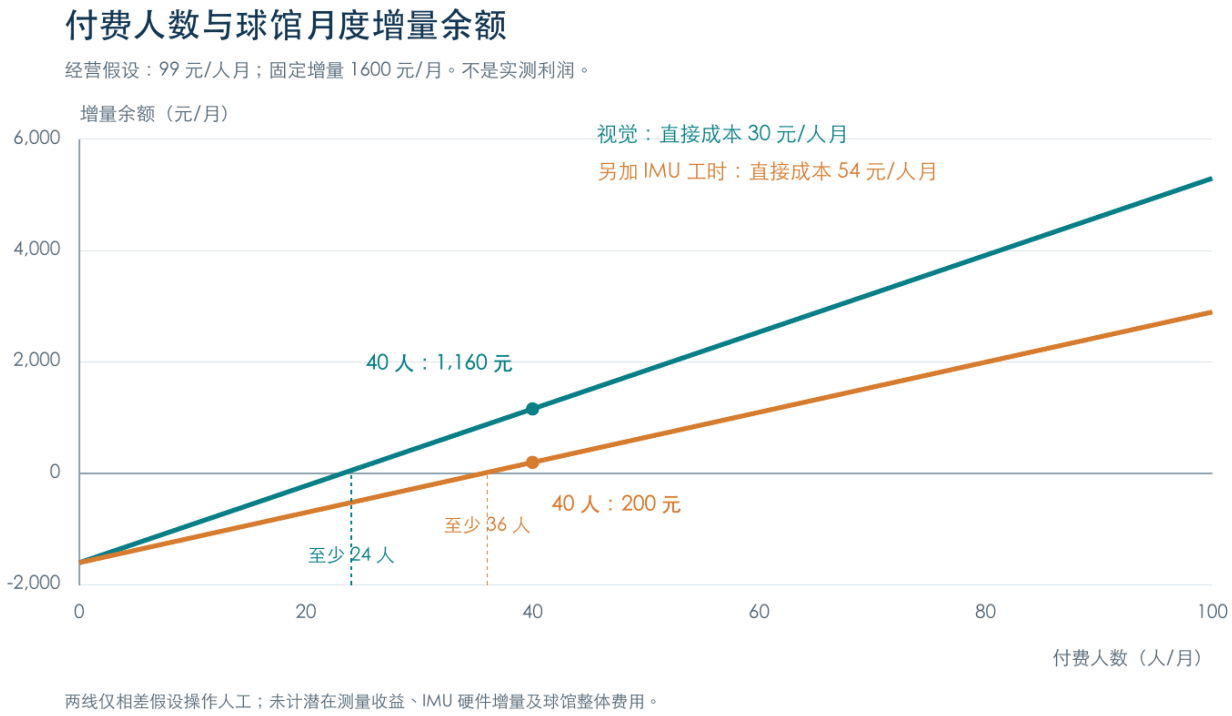


图 2. 球馆月度增量余额敏感性算例。两条线使用相同服务价格与固定费用，差别仅为假设的 IMU 额外操作人工；未计潜在测量收益、额外硬件成本及球馆整体费用和税费，不是两种方案的真实利润预测。

如果球馆不愿单独向学员收费，也可以通过课程服务升级吸收系统成本。这时应实际观察教练总工时、课程贡献和续费变化；即使软件减少几分钟整理时间，也不意味着工资现金支出立刻下降。时间节省只有被用于额外服务、减少加班或改善体验时，才可能转化为经济收益。

11.3 康复服务方：专业时间的成本不能省略

以下用一个“8 周随访过程”进行资源核算，**8 周仅为成本模型周期，不是建议疗程**。假设所需专业时间为初始评估 45 分钟、两次复测各 30 分钟、结束评估 30 分钟、每周异步复核 10 分钟，总计 215 分钟。假设专业人员完全工时成本为 240 元/小时，则专业时间成本 860 元；另设技术服务 160 元、协调记录 100 元，总直接成本 1120 元/例。

如果服务方希望留下 30% 用于覆盖其固定成本和经营结余，反推的总收入门槛为 1120/(1-30%)=1600 元/例。这是成本门槛，不是患者应支付的价格，不代表医院可以打包按此收费，也不等同于平台可获得 1600 元。

假设变化	专业总时间	总直接成本	保留 30% 贡献时对应的收入门槛
每周异步复核 10 分钟	215 分钟/例	1120 元/例	1600 元/例
每周异步复核 20 分钟	295 分钟/例	1440 元/例	约 2057 元/例

上表不含面向个体另外发生的检查、治疗、药物、场地、器械折旧、获客、税费及复杂个案工时。实际服务若多出一次线下处理，必须重新计成本。平台不能承诺“无限次专业回复”，却只按标准病例的低工时预算。

按每周 20 小时纯服务时间折算，215 分钟/8 周约为每位活跃个案每周 26.9 分钟，理论平均容量约 44 人；异步复核改为 20 分钟时约 32 人。实际容量还会受初诊集中、缺勤、沟通和排班碎片影响。这个算例说明，数字化服务仍有明确的人力产能上限。

三套模型的收入不能相加作为同一平台的营业额。平台向球馆收取的订阅费，已经是球馆的成本；专业服务费属于实际服务主体，只有平台按真实合同取得的技术服务部分，才是平台收入。

11.4 跃测网络与机器人：50 店情景怎样改变经济判断

用户提供的全国 50+ 店网络，为部署和服务提供了具体场景基础。下面仅取 50 店作为整数算例，不代表已有 50 店开业、安装、有效采集或付费。总部是否统一采购、门店是否分期启用、设备归谁所有，会直接改变合同和现金流。[S33-S34]

沿用前文软件模型：每家实际付费启用店每月 1000 元，直接软件及支持成本 300 元，固定团队开支 60000 元/月。新增硬件与机器人费用未计入下表，数值均为经营假设。

假设付费启用店数	月软件收入	扣单店直接成本后月贡献	再扣固定开支后的月余额
10	10000	7000	-53000
25	25000	17500	-42500
50	50000	35000	-25000

即使 50 家均按此单价付费，月软件收入为 5 万元，按上述成本仍有 2.5 万元缺口。若保持成本不变，50 店的静态收支平衡月费为 60000/50 + 300 = 1500 元/店；这是公式结果，不是客户认可的价格。50+ 网络降低冷启动难度是合理假设，实际获客和交付成本下降尚无本项目数据。

机器人应增加一套独立经济模型。若设备销售，核算售价、制造采购成本、安装、质保和后续软件合同；若按月租赁或提供设备服务，核算资金投入、回款、折旧或融资、维护、现场支持和闲置。不能把旧模型里每店 300 元支持费或 300 元设备摊销直接视为机器人完整成本。

在机器人月费与软件费分开且成本未重叠的情景中，单店月贡献可写为：软件收入减软件直接成本，加机器人服务收入减设备摊销、维保、现场服务与其他直接成本；再汇总扣固定开支。打包报价时则从合同总收入计算，不能把已包含的软件费再加一次。

由于本轮未提供机器人 BOM、寿命、售价/租金、维修率、利用率和现场工时，本报告不填造机器人利润。建议保留可替换的预算项，并分别观察捡球任务完成、跟拍可用记录、人工介入、停机与每次有效服务成本。

PRD 中 1–2 店技术、3–5 店科研、约 10 店商业、再分层扩展的规模，是后续规划建议，不是已开展的项目事实或本轮执行任务。当前先对齐资料与产品边界；不因有 50+ 网络就一次性承诺全网部署。[S33]

12. 数据积累与损伤预测的长期价值

项目有希望积累的是“动作—暴露—症状—功能—专业判断—干预—结局”之间的可追溯关系。一次教练示范可以帮助定义任务和解释动作，但不能提供新手发病概率、康复效果或个体正常范围。更多采集小时数也不能替代真实结局。

数据与模型层级	可以研究的问题	尚不能直接推出的结论
动作类别与阶段	何时做了正手、发球，某段练习是否完成	动作安全或患病概率
动作变化与技能提示	相比个人基线哪里改变，需要教练看哪段	改这一处一定降低损伤
症状与功能随访	哪些任务与不适同时出现，功能是否变化	某个动作是唯一病因
前瞻风险研究	既定时间窗内，基线信息是否有额外预测价值	单次挥拍的确定致伤原因
干预效果研究	使用某种反馈或服务后，患者结局是否更好	仅凭训练前后分数提高即可确认疗效

SPAR 的专家/新手分类与反事实解释可启发反馈界面：让专业人员知道模型参考了什么，再复核建议。它的专家概率不是损伤概率，替换动作序列后模型分数上升也不是现实训练干预的因果证据。[S21]

影像可以为诊断提供信息，但不能作为“所有异常都由这次训练导致”的标签。一项 30 名无症状成人 MRI 研究中，37% 存在相应肌腱异常，提示影像发现需与症状、检查和时间关系共同解释；该比例不能套用为网球人群患病率。[S20]

损伤预测还面临低发生率下的误报问题。仅作数学示例：假设 1000 人在定义好的未来窗口内有 50 人发生目标事件，模型敏感度 80%、特异度 90%，会标出 40 个真阳性和 95 个假阳性，共 135 人，阳性预测值约 29.6%。这不是任何现有系统的结果，而是说明“准确率看起来很高”可能仍伴随大量无事件者被提醒。

临床和商业上，应防止把误报当成就诊转化的来源。更合理的设计是将质量不足、症状提示和训练问题交给相应人员复核，并记录复核结果，逐步了解提示是否真正有帮助。

若未来研究个体风险，需要预先明确目标事件、时间窗和判断流程，区分既有症状与新发生问题。采集预测时已经知道的信息，不把后来的影像、诊断或康复结果混进预测输入；按人而非按单次挥拍划分训练测试数据，并检验不同场地和人群的表现。此处列出未来研究逻辑，本轮未启动研究。

即使最终无法可靠预测发病，完整、可授权使用的纵向记录仍可能服务教学复盘、康复复测和回场协作。这些价值可以独立评估，不必等待一个包揽所有任务的“人体风险模型”。

13. 进入市场的路径与决策条件

结合跃测网络、光迹感知机器人与潜在医院协作，建议按服务结果和经营条件推进。PRD 中分级门店规模与路线图是规划依据；本报告不将其视为已执行的试验、部署或采购。

阶段	首要交付	继续推进的依据	暂缓扩张的信号
服务定义	一种客户、一种有限场景、一份清楚的报告	操作者理解用途，机构愿意讨论预算和责任	只有对 AI 的兴趣，无法说明谁使用、谁付款
固定区日常服务	可重复的采集、质量提示和教练复核	有效记录率、复核工时、交付完成情况可接受	安装后不使用，报告长期没人查看
有需要者的专业随访	计划、执行、症状和复测能够连贯记录	专业人员实际采用信息，患者参与流程可持续	复核负担上升、职责不清、提醒过多
机构复制	培训、部署、运维与账务可标准化	单店贡献、获客回收期和续费表现支持扩张	每家都需大量定制，服务成本随规模失控
更强医疗用途	针对具体用途的临床与产品证据	完成适用专业、伦理和产品要求，证据足以支持承诺	仅有技能分类或前后对比，尚无目标结局证据

最先看的经营指标应包括：活跃机构和活跃操作者、每次成功采集耗时、每条报告的总复核时间、有效交付成本、实际续费和贡献。最先看的康复指标应包括：症状与功能记录完整性、按计划完成的比例、专业人员调整的理由、功能变化、回场情况和不良事件。需要同时记录退出及未完成者，不能只展示成功案例。

可以为以后的产品验收设定内部目标，例如每日准备时间、可读报告覆盖率、异常复核时限，但具体数值应来自实际任务和人员能力。它们不是临床有效性阈值，不能用“采集成功率达标”替代治疗有效或减少损伤。

访谈问题可围绕近期真实行为设计：球馆现在每周花多少时间整理录像；有多少学员实际看过报告；康复人员当前如何获得家庭练习信息；哪条信息曾经改变其安排；预算从哪个项目支出。应避免只问“你愿不愿意用 AI”，因为意愿表达与实际付费存在差距。本次未开展访谈。

14. 风险、优先级与下一步规划

关键风险	对业务的影响	初期的具体设计选择
问题定义过大	技术投入增长，客户看不到明确价值	先围绕固定区教学与少量标准复测任务
把姿态异常等同于疾病	误导用户、增加不必要诊疗和信任成本	明确动作、症状、诊断三类信息的来源与责任
低价软件支撑高人工服务	毛利被复核和沟通吞噬	记录完整服务工时，设置清楚的交付次数与范围
免费或成熟替代产品	一般视频分析、打卡难以收费	聚焦网球与专业协作的具体流程和交付
机位或节点导致数据不可用	返工、错误反馈、专业人员失去信任	保存质量状态，可拒绝输出，保留原始片段复核
依赖单一医院或专家	合作延迟时业务无法运行	教学产品具备独立价值，合作按具体服务职责扩展
数据用途不清	机构不愿接入，后续数据无法合理使用	将教学、诊疗协作、研究和模型开发用途明确约定
只展示完成者与成功病例	夸大疗效和服务表现	记录退出、不良事件、缺失和实际使用分母

投入优先级建议是：先把服务负责人、任务和报告交付定清楚；再完善固定区视觉的质量控制和标准化复测；同时补齐症状、功能和相应力量等必要信息；最后按问题增加局部 IMU（网球上肢示例为 I2/I4）。若专项加测没有改变解释或决策，也没有改善可用数据，就需要重新评估其投入。

近期可供内部评审的成果应是：一页服务说明、一份学员报告模板、一份专业随访记录、一张责任分工表，以及可替换输入的成本模型。它们能帮助评审商业和康复流程是否成立。本报告已经给出这些内容的结构与经济假设，后续是否实施由项目另行决策。

不建议把“某个日常动作的致伤概率 + 医院影像确认 + 诊疗费分成”作为初期唯一商业路径。当前更有依据的路径是：持续学练记录产生教学价值；有需要者获得专业评估；康复训练与回场过程得到连续支持；平台为其中真实、可用的软件与交付能力取得收入。

15. 多运动场景拓展：篮球、足球、羽毛球

15.1 市场空间与产品边界

扩展方向成立，但应该按服务任务复用系统。固定区域的教学、动作复测与康复随访可以共用采集和报告流程；全场比赛、多人对抗、连续跑动负荷则需要不同的机位、身份追踪或穿戴配置。下面的优先级是产品判断，不是已经取得的客户需求或临床效果。

体育总局发布的 2025 年全国体育场地统计调查数据显示，截至 2025 年底，篮球场地 125.27 万个，其中篮球馆 4.52 万个；足球场地 16.58 万个；羽毛球场地 31.64 万个，其中羽毛球馆 3.79 万个。数据于 2026-03-06 发布。它们包括学校、公共及其他场地，不能直接当作培训门店、独立经营机构、付费客户或康复患者数。[S22]

项目	优先探索的付费产品	康复服务的具体入口	对现有双机位的适配判断
网球	课程复盘、步法与挥拍反馈、回场记录	上肢症状与功能、握力、专项训练耐受	固定区较适合；全场对打另评估
篮球	投篮/运球训练站、跳跃落地报告、球队复测	踝膝功能、单腿任务、变向和跳跃耐受	固定站可复用；五对五精细动捕不能直接覆盖
足球	定点技术站、康复回训记录、球队负荷工作台	下肢力量、跑跳变向能力、回训暴露	定点复测可复用；全场监测通常另建或接入
羽毛球	挥拍与步法复盘、弓步和回位训练报告	踝膝控制、弓步耐受、肩肘腕功能	与网球有较多流程共性；全场深度和羽球轨迹仍是独立问题

篮球和羽毛球的室内馆数量，能帮助确定后续寻找机构客户的范围；不能仅凭场地多就推断产品易销售。实际可服务市场还要筛选稳定课程、部署条件、操作者、预算与交付责任，并以唯一机构或合同去重。

前文 5592 家网球培训门店与这里的全国运动场地统计，年份和单位均不同，不应相加得到“总客户数”。本报告也不把不同项目参与者相加，因为同一人可能参加多项运动。

本次新增的竞品分别覆盖消费训练、球队录像与穿戴负荷管理。它们证明已有供给，也意味着一般录像、基础统计和训练打卡难以独立构成收费理由。项目需要明确自己交付的是教学反馈、复测效率，还是连续专业随访。

15.2 篮球：从训练站与踝膝复测切入

商业价值。面向篮球培训机构，可设计“固定投篮/运球任务 + 关键片段 + 教练一句反馈 + 个人趋势”；面向球队或康复机构，可设计重复的跳跃落地、单腿控制和变向任务记录。前者由课程质量驱动，后者由专业复测与回训协作驱动，付费理由和报告应分开。

HomeCourt 已提供手机摄像头训练、投篮及控球等分析，基础功能免费，并有 HomeCourt+ 会员及团队使用方式。它构成消费训练工具的竞争参照，不能因存在这些功能就推断其具有康复疗效。单卖“手机识别投篮”面临替代；机构端更值得比较教练复核工时和连续交付能力。[S23]

任务	双机位视觉适合做什么	穿戴的增量与局限
固定点投篮、运球	回放、动作阶段、可见身体段的节奏与姿态趋势	手腕/前臂节点可补局部运动；不能由单节点还原全身动力链
跳跃落地、单腿任务	记录膝髋屈伸、躯干与任务完成；适合标准化复测	大腿与小腿等相邻段节点可补相对姿态；仍需固定与标定
变向训练	指定路线中的脚步、时序与可见动作	连续运动记录不依赖视线；躯干节点不直接测膝关节角
五对五与全场负荷	需要更广覆盖、多人身份关联和遮挡处理	室内定位需专门系统；GNSS 不能作为可靠室内定位方案

投篮命中、球的轨迹和身体关节是不同识别任务。篮筐位置、球体跟踪和相机视野需要单独设计，近距深度相机不等于能测完整抛物线。穿戴在对抗中还涉及滑移、碰撞与舒适度，正式比赛使用须另核赛事规则。

康复相关证据。2024 年 OpenCap 研究比较双手机与十相机有标记系统，分析 ACL 重建后运动员的跳跃落地和单腿跳等共 437 次动作试次；总体平均绝对角度误差为 3.85°、均方根误差为 4.34°，矢状面表现好于部分其他平面。437 是试次数，不是参与人数。它支持特定任务的测量可行性，不能直接套用为本项目 RGB + RGB-D 的性能，也未证明减少篮球损伤。[S27]

服务的合理产出是“本次任务、可信指标、与个人基线的变化、需要专业复核的片段”。回到跳跃、对抗或比赛，还应结合症状、力量、运动员信心及专项能力；不能单凭落地角度正常自动放行。[S28-S29]

15.3 足球：区分定点复测与球队全场监测

商业价值。足球俱乐部、青训机构和康复团队可能为训练录像、个人负荷、回训安排及球员沟通付费。其中“定点踢球/下肢复测站”可沿用现有平台；“全队、全场、整堂课的跑动与冲刺管理”是另一种产品，采购、部署和人员管理成本均不同。

Veo 提供相机与订阅服务，当前官方资料还列出视频生成的个人距离、冲刺和速度等分析选项；不能把它描述成只会录像。Catapult 提供 GNSS、惯性传感及部分型号的室内定位解决方案；Vector Core 的室内模式为惯性数据，不等于具备室内绝对位置。两者均为本项目应考虑的成熟供给，官网功能不构成临床效果证明。[S24-S25]

服务任务	更合理的采集路线	成本与康复边界
定点传射、动作分解	固定区视频；必要时局部加测	球速、触球与身体运动需分别定义，不能由骨架直接推出
跑跳与变向复测	合适视野的多视角视频；按问题加局部 IMU	加速距离与高速动作超出采集区时，应改变任务或配置
全场跑动、距离、冲刺	经验证的 GNSS/定位系统或全场光学跟踪	需球员身份、覆盖和质量管理；单纯 IMU 积分不提供稳定全场位置
团队回训协作	接入训练暴露、症状、力量与专业决定	跑了多少不等于组织是否能承受，也不自动给出复出许可

FIFA 的 EPTS 项目对光学与穿戴追踪系统提供位置、速度等性能测试信息，可用于比较相应任务的测量表现；这种评价不等于医疗认证或损伤预测准确率认证。[S26]

康复与预防价值。可以支持专业人员记录跑步、加减速、变向、专项练习和团队训练之间的进展，具体顺序与剂量依个体决定。ACL 康复指南强调力量、功能、心理准备和运动要求等条件；完成康复、回到训练和回到比赛应分别记录。[S29]

2008 年一项 125 家俱乐部、1892 名 13–17 岁女性球员的集群随机试验研究了结构化热身：主要下肢损伤结局 RR 0.71，95% CI 0.49–1.03，未达统计显著；总体损伤这一其他结局 RR 0.68，95% CI 0.48–0.98。它支持继续关注训练内容与依从性，不能说明购买相机、IMU 或 AI 本身可以减少同样比例的损伤。[S32]

如果已有明确球队客户，接入现有追踪数据可能比重做整套全场系统更符合初期资源条件；这是经营判断，仍需接口、合同、数据权限与实际预算确认。

15.4 羽毛球：复用球拍运动流程，单独设计弓步与高速挥拍

商业价值。羽毛球培训馆可围绕挥拍、步法、弓步和回位提供课程复盘，康复机构可围绕上下肢功能与专项耐受提供连续记录。它与网球在教练反馈、球拍运动和课后报告上有较多共性，是相邻扩展方向；动作模板、量程和判断阈值仍需单独建立。

任务	视觉方案的用途	何时考虑局部穿戴
高远球、杀球等挥拍	身体段协同、可见角度、阶段与节奏	快速前臂/腕部旋转、遮挡较多且确有决策需要时
前场弓步、制动与回位	标准任务中的步幅、膝髋姿态、躯干与时序	需要连续小腿运动信号或研究特定载荷代理指标时
跳起与落地	双脚/单脚任务完成、动作趋势与复核片段	视线经常中断且固定可靠时；仍需独立功能与力量信息
全场单打/双打	全场录像与位置分析须另做覆盖和身份设计	穿戴可补动作记录；不能自动替代羽球、球拍与对手跟踪

羽毛球场比网球场小，也不代表前后场都在近距 RGB-D 的有效范围内。羽球尺寸小、速度快、运动模糊明显，羽球轨迹和球拍速度需要专门的图像与采样设计；通用人体骨架不能直接给出这些结果。远端旋转还受手部关键点、身体段模型和帧率限制。

CHI 2026 的 BadminSense 使用单智能手表研究细粒度挥拍反馈，摘要报告以 12 名有经验业余球员建立数据集，挥拍类型识别率 91.43%。该结果属于动作分类，不是关节角度准确率、全身动力链精度或伤病预测率；本次只依据公开作者版摘要，不推断其未核对的泛化条件。[S31]

2023 年一项研究在实验室模拟场地对 25 名有经验男性羽毛球运动员采集弓步数据，将小腿 IMU 特征与力台、动捕和肌骨模型得到的载荷结果关联。它提示小腿节点可用于特定载荷估计研究，但关节接触力来自模型估计，研究也未观察未来损伤；不能把回归结果解释为“某次弓步有多少概率受伤”。[S30]

康复服务设计。上肢可记录肩肘腕功能、症状及挥拍暴露；下肢可记录弓步、落地、回位的完成情况、疲劳和症状响应。两部分不能压成同一个专家相似度。惯用侧、左右前场、正反手与单/双打任务需要区分，允许不同技术风格存在。

穿戴如确有用途，应按测量问题选择部位。前臂节点不回答膝关节问题，小腿节点也不回答肩部旋转问题；不能把网球 I2/I4 套装改个项目名称后直接销售为完整羽毛球康复测量系统。

15.5 共用康复框架，保留各项目的任务差异

跨项目最值得复用的是“专业计划—实际执行—症状响应—功能复测—专业调整”的记录结构。动作识别模型和阈值只是其中一部分。疼痛、力量、信心和真实训练暴露，不能仅从骨架或 IMU 推断。

共用模块	可共用的数据与工作流	需要按项目或个体调整的部分
踝部随访与回场	疼痛、活动范围、力量、平衡、个人信心、功能任务	篮球落地/切入；足球跑动/变向；羽毛球弓步/回位
膝部及 ACL 康复支持	计划、力量测试、单腿任务、主观功能与专业判断	运动强度、对抗要求、专项任务、年龄与术后情况
上肢训练支持	症状、活动范围、力量与任务耐受	网球/羽毛球挥拍与篮球投篮的动作及剂量不同
训练暴露与随访	日期、任务、量、主观用力、恢复、退出与不良事件	击球次数、跳跃、跑动、冲刺等单位不可混用
数据质量与权限	身份、左右侧、任务、采集条件、版本、授权、审计	专项模型适用人群、可见范围和缺失处理

PAASS 踝扭伤回场框架来自专家共识，包含疼痛、踝部功能缺陷、运动员自我感受、感觉运动控制及专项/功能表现五个领域。它适合帮助组织复测内容，但不是经过验证的统一预测分数或自动回场阈值。[S28]

ACL 康复指南可帮助设计力量和功能记录，但不能简单复制到所有膝痛、未成年人或不同手术个案。双机位数据可辅助专业判断；回场决定仍需结合临床情况和实际运动目标。[S29]

硬件配置应随身体段变化：例如研究膝部相对姿态时，通常需要大腿和小腿的相邻段信息；研究踝部时，需要小腿与足部信息及合适标定。胸前一枚团队负荷传感器、手腕一枚智能表，均不能等同于膝踝关节动捕。若两侧都需评估，节点、操作与管理成本还会增加。

地面反作用力、关节力矩、肌腱或韧带负荷不是人体关键点的直接读数。视觉或 IMU 输出此类量时，应注明模型、外部测量和假设；力量测试、力台或其他工具是否需要，由具体问题决定。图像中的“膝内扣”也不能单独转换为个体 ACL 损伤概率。

影像仍应由临床需要决定。网球肘、踝扭伤与 ACL 术后的检查对象和解释不同，不宜把“每人先拍影像、再与动作对照”作为统一产品流程。医院均按项目方最新说明列为潜在合作机构，建议职责见第 10 节；扩展运动项目本身不代表合作范围已同步扩展。

15.6 商业拓展顺序、成本与产品边界

在当前网球积累和固定机位方案下，建议先完成网球的有限服务，再优先探索羽毛球；篮球以训练站和下肢复测切入；足球全场监测按独立业务或外部数据接入评估。这是按现有能力复用程度排序，不是按市场总量排序。有明确预算与专业团队的足球客户，可以改变实际进入顺序。

扩展方向	可复用的基础	主要新增投入	继续推进的商业依据
羽毛球固定区	球拍运动课程、报告、身份与随访流程	弓步/步法任务、高速挥拍识别、专属教练解释	有稳定操作者，报告能进入课程并产生持续付费
篮球训练站/复测	固定区采集、个人趋势、专业工作台	球/篮筐任务、落地与变向、力量和功能记录	教学或复测价值足以承担部署与人工复核成本
足球定点复测	下肢任务、症状和回训记录	跑动空间、专项技术、团队协作	有明确服务负责人和复测需求
足球/篮球全场	用户、数据权限、历史记录	全场采集、多人关联、追踪数据接入、球队管理	球队预算与持续使用支持单独核算

现有网球经济模型不直接复制为三种新运动的预测。多人球队的穿戴时间可单独做情景分析：假设 20 人、完全人工成本 120 元/小时，每人额外操作 0.5、1、3 分钟，对应每堂课合计 20、40、120 元；每月 40 堂对应 800、1600、4800 元。它是累计人员分钟的成本，不是整队必须等待同样时长，也不是实际测得的穿戴耗时。未计节点、充电、清洁、维护与返工。

相机也有一次准备、移位重标定、计算和数据整理成本。合理比较单位应是“每名学员一份有效反馈”或“每名球员一次完成的复测”，而非相机单价与 IMU 单价。团队穿戴、个人轮换使用和自行佩戴，其人力模型不同，应分别估算。

机构数、项目数和付费模块数应分别统计：一家同时经营网球、羽毛球和篮球的机构，在一份基础合同下仍是一家客户；增加模块只有在合同有增购收入时才增加收入。不同项目复用底层软件，也仍有动作数据、专业人员、支持培训与模型维护成本。

排球、乒乓球等可列入后续候选：排球可评估发球/扣球和跳跃落地任务，乒乓球可评估挥拍与步法任务。这是场景推演，本轮未为这两项完成专项市场与康复文献调研，不给出成熟度、准确率或收入结论。

本轮交付是增加项目后的可行性分析、证据边界与成本假设；未开展现场验证、招募或采购，合作背景按项目方资料记录。后续应按具体客户和任务决定是否继续，而不以一次上线所有运动作为产品完成条件。

16. 检索方法、证据缺口与参考来源

本报告是定向叙述性调研与经营情景分析，非系统综述、投资审计或机构尽调。优先使用官方体育统计、企业官方产品信息、原始临床研究、专业指南以及中国主管部门法规政策。临床与测量研究主要检索 2021-2026 年，另补充 2008 年足球热身经典干预试验。政策与产品页面查询日期为 2026-10-20。

检索渠道包括 PubMed/PMC、出版商原文或摘要、arXiv、体育总局、ITF、国家医保局、国家卫生健康委、药监部门及企业官网。代表性检索词包括 tennis motion monitoring business、digital rehabilitation elbow pain、computer vision telerehabilitation randomized trial、OpenCap return-to-sport validation、PAASS、Aspetar ACL rehabilitation、badminton IMU lunge、BadminSense、football injury prevention trial，以及康复医疗服务价格、全国体育场地统计等。

技术结论结合原始测量研究、康复证据及多运动产品资料，不把技能识别率当作临床准确率。新增篮球、足球、羽毛球的产品建议与可复用范围属于分析判断；排球、乒乓球仅作后续场景推演。部分网站访问受限时，仅使用可核对的摘要或已读取正文，不推断未能读取的结果。本轮未开展用户访谈、报价调查、患者分析或临床试验，未独立核验合作合同与后台数据，也不提供法律适用个案意见。

当前最关键的未知项是：适配场地比例、愿意付费的机构与学员比例、真实操作工时、机构续费、视觉和 IMU 的决策增量，以及特定人群的临床结局。所有财务算例都应在取得这些输入后更新。项目协作图按用户资料与 PRD 绘制，敏感性图依据明示公式绘制，均不是实测结果。2026-10-21 增补的项目资料用于说明场景、角色和产品结构，不作为外部临床或商业验证证据。

市场与产品

[S01] 国家体育总局. 中国网球事业发展基础数据发布；统计截止 2024-08-31. 官方页面.

[S02] ITF. Global Tennis Report: Participation hits 106 million in five years. 2024-11-28. 官方解读.

[S03] SwingVision. 官方订阅比较及开发者 App Store 信息. 订阅页；开发者产品页及订阅说明. 价格按地区、渠道和促销可能变化。

[S04] PlaySight. Tennis SmartCourt. 官方产品页.

[S05] KINVENT. K-Move 与 K-Grip. K-Move；K-Grip.

[S06] VALD. MoveHealth. 当前产品页；TeleHab 更名说明.

康复研究与专业建议

[S07] Lucado AM 等. Lateral Elbow Pain and Muscle Function Impairments. JOSPT，2022. DOI: 10.2519/jospt.2022.0302. 指南全文.

[S08] Janela D 等. Digital Rehabilitation for Elbow Pain Musculoskeletal Conditions: A Prospective Longitudinal Cohort Study. 2022. DOI: 10.3390/ijerph19159198. 开放全文.

[S09] Yeo SM 等. Effects of augmented reality-based telerehabilitation in adhesive capsulitis of the shoulder: a randomized controlled trial. 2025. DOI: 10.1016/j.rehab.2025.101956. 本次主要使用出版商摘要。

[S10] Effectiveness of an AI-based home exercise app for rehabilitation of rotator cuff-related shoulder pain: A randomized controlled trial. Musculoskeletal Science and Practice，2026. DOI: 10.1016/j.msksp.2026.103626. 本次主要使用出版商摘要。

[S11] Bateman M 等. Optimising physiotherapy for people with lateral elbow tendinopathy: Results of a mixed-methods pilot and feasibility randomised controlled trial (OPTimisE). 2024. DOI: 10.1016/j.msksp.2023.102905. 作者机构存档.

[S12] Félix I 等. Interval Return to Play Programs for the Tennis Athlete. 2021. DOI: 10.1007/s12178-021-09701-y. 该文含临床经验与建议，不是证明减少再伤的随机试验。

中国服务与产品规则

[S13] 国家医保局. 康复类医疗服务价格项目立项指南及解读，2024. 人工智能辅助与不得重复收费说明；立项指南.

[S14] 国家卫生健康委、国家中医药局. 互联网诊疗监管细则（试行），2022. 正式文件.

[S15] 国家药监局. 关于规范医疗器械产品分类界定工作的公告（2024 年第 59 号）. 正式公告.

[S16] 北京市药品监督管理局. 医疗器械审评检查新 300 问，第 222 问；基于 AI 医用软件分类原则. 官方解释.

[S17] 中华人民共和国个人信息保护法，2021. 中央网信办发布文本. 数据处理须结合具体用途、合法依据和适用条款。

硬件与解释边界

[S18] Orbbec. Gemini 335. 官方规格与价格.

[S19] Mbientlab. MetaMotionRL. 官方规格与价格.

[S20] Paluch A 等. Defining tennis elbow characteristics: assessment of MRI-defined tendon pathology in an asymptomatic population. 2024 卷期. DOI: 10.1177/17585732221146731.

[S21] Khan N 等. Skill Profiling with Attributable Reasoning: A Wearable Analysis System for Boxing. 2026，预印本. arXiv:2609.30753.

多运动市场、产品与专业证据

[S22] 国家体育总局. 2025 年全国体育场地统计调查数据，2026-03-06 发布. 官方页面. 场地数据由官方页面图表读取，统计时点为 2025 年底。

[S23] HomeCourt. 功能、免费基础服务、会员及团队服务. 官方网站；开发者应用页. 厂商信息，不作为康复疗效证据。

[S24] Veo. 相机、订阅及 Analytics 2 等分析选项. 官方套餐页. 套餐、地区与可用功能可能变化，本次不填造未核对的金额。

[S25] Catapult. Vector Core 及篮球运动员监测. Vector Core；篮球产品说明. GNSS、室内惯性与室内定位能力应按型号区分。

[S26] FIFA. Electronic Performance and Tracking Systems（EPTS）. 官方标准项目页. 追踪性能评价不等于医疗或损伤预测认证。

[S27] Turner JA 等. Validation of OpenCap: A low-cost markerless motion capture system for lower-extremity kinematics during return-to-sport tasks. Journal of Biomechanics，2024. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2024.112200. PubMed 摘要. 本次使用摘要；437 为动作试次数。

[S28] Smith MD 等. Return to sport decisions after an acute lateral ankle sprain injury: introducing the PAASS framework—an international multidisciplinary consensus. BJSM，2021. DOI: 10.1136/bjsports-2021-104087. 出版商页面.

[S29] Kotsifaki R 等. Aspetar clinical practice guideline on rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. BJSM，2023. DOI: 10.1136/bjsports-2022-106158. PubMed 摘要；Aspetar 官方说明. 本次使用可读摘要、索引文本与官方说明。

[S30] Yu L 等. Intelligent prediction of lower extremity loadings during badminton lunge footwork in a lab-simulated court. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology，2023. DOI: 10.3389/fbioe.2023.1229574. 开放全文.

[S31] Chen T 等. BadminSense: Enabling Fine-Grained Badminton Strokes Evaluation on Single Smartwatch. CHI，2026. DOI: 10.1145/3772318.3790998. 公开作者版. 本次主要依据作者版摘要，未将技能分类结果外推为临床结局。

[S32] Soligard T 等. Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. BMJ，2008. DOI: 10.1136/bmj.a2469. PubMed 摘要. 训练干预研究，不是对运动监测硬件或 AI 的试验。

本次项目资料

[S33] 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》V1.0，用户提供的 23 页 PDF。主要参考第 4 页资产与机器人定位、第 7–14 页架构与模型、第 15–20 页商业/实施建议及数据结构。该文件为内部方案资料，未把功能描述视为已验收性能，也未核验其引用的原始 BP 或合作文件。

[S34] 项目方于本对话 2026-10-21 补充：跃测室内馆为采集场景、全国 50+ 店；提出北京大学深圳医院协作方向；光迹感知负责运动损伤模型与产品研发，网球陪伴机器人以捡球、跟拍承担数据载体。机构身份按项目方 2026-11-14 最新说明更新：北京大学深圳医院—运动医学与康复医学中心、深圳南山区人民医院均为潜在合作机构，具体协作待约定。不据此推定全店部署、收费合同或临床效果。