

## 利用 QDG Health 30 秒内实现神经科护理转型

作者： Aarushi S. Negi\*, Shreesh Karjagi\*, Jeremy Revlock, 以及 Helen M. Bronte-Stewart

\* 表示共同一作



### 填补帕金森病未满足的需求

在过去 25 年中，全球帕金森病患者的人数翻了一番，而且预计在未来 15 年内还将再翻一番<sup>[1]</sup>。作为增长最快的神经系统疾病，帕金森病被称为新的流行病。然而，同时帕金森病药物疗法却没有重大突破，且为帕金森病患者提供护理的神经科医生数量也未见显著增长。

帕金森病患者、医疗服务机构和治疗行业共同面临的一个未满足的关键需求是，缺乏一个能够提供远程症状监测，和人工智能实时治疗调整的健康管理系统。这一系统还应能够为临床试验提供精细化的疾病监测指标，类似于连续血糖监测平台在糖尿病管理中的革命性作用。

为了填补这一需求，斯坦福大学[人类运动控制和神经调节实验室](#)主任、神经病学和神经科学 John E. Cahill Family 家族受名教授 Helen Bronte-Stewart 博士，开发了定量数字成像（QDG）技术，并创建了 QDG Health。这是一个综合健康管理系统，通过专有数字成像设备（KeyDuo）上的 30 秒重复性交替敲击手指（RAFT）任务，实时提供经过验证的、定量的帕金森病所有主要运动症状的测量结果。最近发表在《npj Parkinson's Disease》上的一篇文章[2]指出，定量数字成像（QDG）是一种高精细度的客观运动监测工具，具有广泛的远程和临床应用前景。

## 您将了解到的内容

在这篇深度报道中，我们将探讨简单的 30 秒手指敲击测试如何改变帕金森病治疗，以及为什么它代表神经治疗的分水岭。

## 定量数字成像（QDG）的科学技术基础

该系统[图 1]的精妙设计体现于其简洁性，它建立在 20 多年来对帕金森病精细运动控制研究[2]-[10]的基础上：

- **测试**：患者执行 30 秒重复性交替敲击手指任务
- **技术**：先进的传感器通过张力杠杆测量运动动态
- **分析**：精准人工智能增强算法将这些运动转化为经过验证的数字生物标志
- **数据呈现**：结果会直接显示在患者的电子健康记录中，提供一个信息丰富的展示界面和两个经过统计转换的评分：
  - 综合六项自主运动参数的 **活动能力评分**（0-100）分
  - 测量震颤持续时间百分比和震颤幅度的，**震颤程度评分**（0-100）分

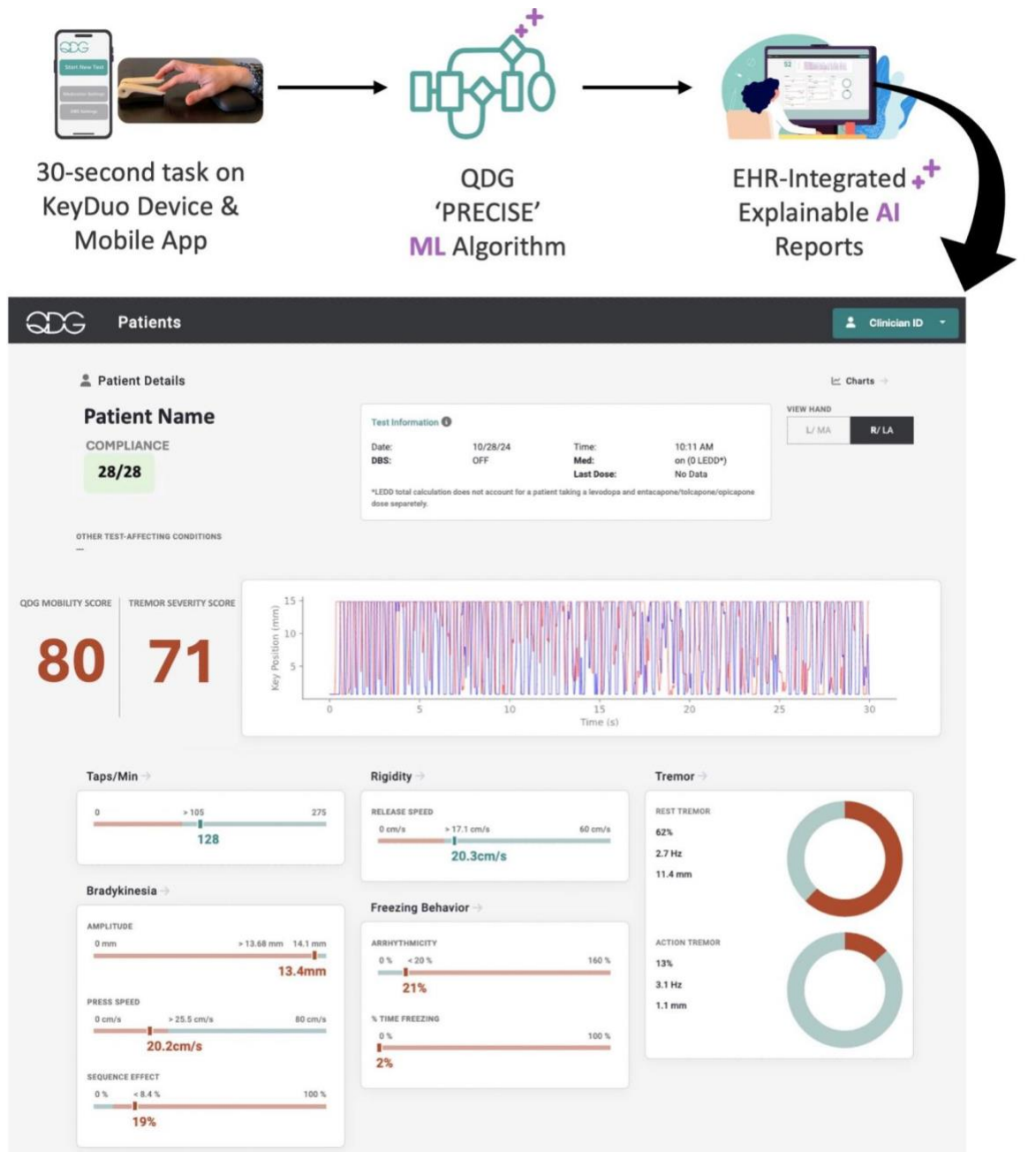


图 1：定量数字成像（QDG）系统概述。（上图）通过精准算法分析使用 KeyDuo 和移动应用程序完成的 30 秒重复性交替敲击手指任务，并将测试结果发送到电子健康记录中。（下图）单次测试的定量数字成像（QDG）临床医师数据展示页视图。页面顶部显示定量数字成像（QDG）患者信息和治疗状态，并显示患者受影响较大的手的重复性交替敲击手指任务轨迹。轨迹旁边是定量数字成像（QDG）活动能力评分和震颤程度评分，页面下方显示运动迟缓、僵直、震颤和冻结行为的各项指标。每个指标均包含一个数值范围，红色区域表示“异常”，蓝色区域表示“正常”，两者之间的阈值基于健康对照组各项指标的第 75 百分位值。

定量数字成像 ( QDG ) 能够将手指在 KeyDuo 上 30 秒钟的敲击转化为对帕金森病运动症状的有效且精确的测量。该技术的核心在于通过传感相邻张力特制杠杆的位移，在时间和振幅域提供高精度的运动动态信号。

精准人工智能算法将 KeyDuo 的原始数据转化为经过验证的生物标记，用于测量帕金森病的主要症状。它通过四项关键指标跟踪运动迟缓：敲击频率、按压幅度、执行速度和序列效应--这是一种在手写、肢体运动和言语中也能观察到的独特帕金森病特征[7], [11]。此外，该系统还能通过杠杆释放速度测量僵硬度[6]，从而避免了传统医患面对面主观评估的需求。该算法通过节律性 ( 击打间隔变异系数 ) 进一步量化步态相关损伤，这与帕金森病相关的步态功能障碍密切相关[7]。最后，系统利用 XGBoost 模型[9]对震颤发作进行分类，将这些非自主运动与有意运动区分开来，确保所有症状的准确测量。

## 帕金森病患的护理

QDG Health 通过全面测量运动症状，彻底改变了帕金森病的治疗方式，其应用领域包括：远程监控；门诊、急诊和住院病人评估；临床试验。Bronte-Stewart 博士的团队已经开始探索定量数字成像 ( QDG ) 的远程应用推广性，包括持续运动监测、药物反应监测、诊断前评估以及深部脑刺激评估和编程。正如最近的临床远程试验[10]中详述，该系统的效果非常显著：

- **高度配合**：100% 的患者成功完成至少 16/30 天的日常检测
- **易于使用**：几乎所有参与者都认为该系统操作简便。
- **具有临床价值**：定量数字成像 ( QDG ) 活动能力评分与患者自我报告的日常生活活动影响之间存在高度相关性。
- **临床范围**：提供从诊断前 ( 0 年 ) 至帕金森病晚期 ( 20 年 ) 的临床分析[图 2]。
- **通过医疗保险认证**：符合美国医疗保险和医疗补助服务中心关于远程监控报销的要求。

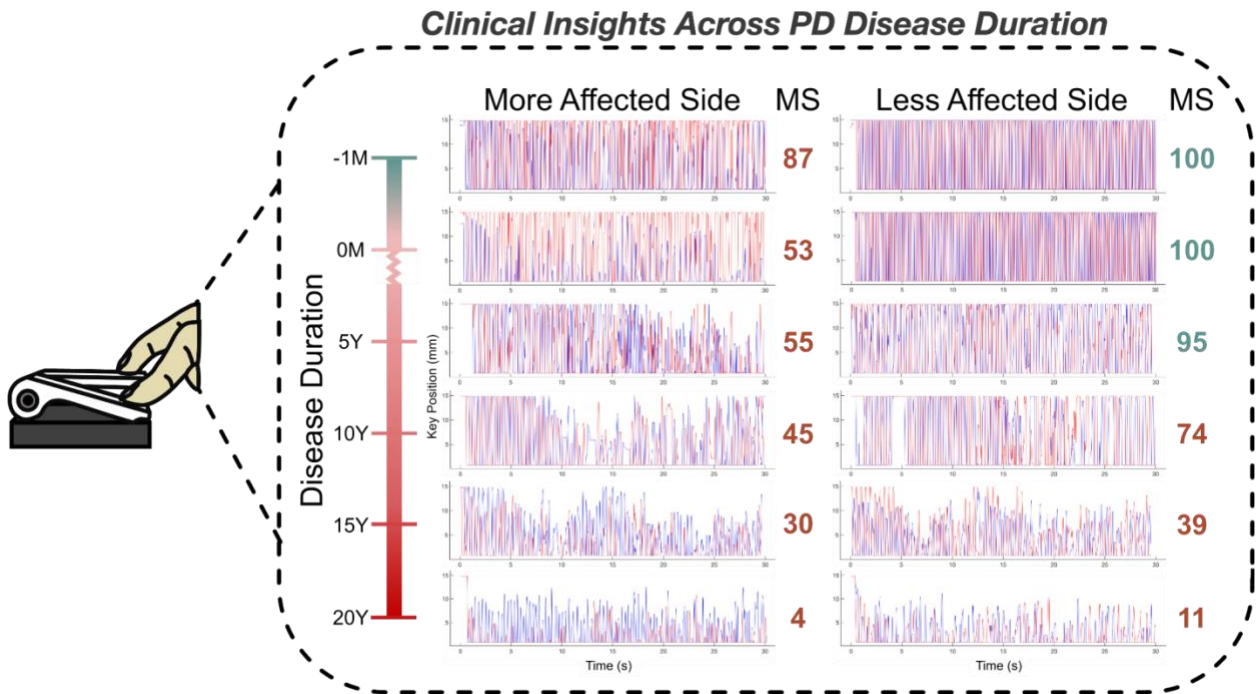


图 2：定向数字成像（QDG）的临床分析。图中展示了具有代表性的定向数字成像（QDG）曲线和相应的活动能力评分，分别来自诊断前和患帕金森病 0 个月的代表性参与者，以及患帕金森病 5 年、10 年、15 年和 20 年的参与者。每个重复性交替敲击手指任务曲线都显示了杠杆敲击的振幅（毫米）随时间（秒）的变化情况；在右手曲线上，蓝色和红色的敲击代表食指和中指（左手则相反）。正常活动度得分（大于 92 分）为绿色，异常为红色（改自 [10]）。

定向数字成像（QDG）能够高精度、细致地捕捉药物治疗的即时运动反应[2]。这使其在深部脑刺激候选病人评估方面具有重大意义。传统的深部脑刺激评估需要患者两次到诊所面诊，通常路途遥远，且需要停药并过夜。而定向数字成像（QDG）深部脑刺激评估可以在患者家中远程完成，更安全、更方便，费用也更低。

临床试验仍然是帕金森病治疗的一大挑战。尽管每年平均有 142 项试验，但只有少数能进入最后阶段，到 2023 年，仅有 12% 的试验进入三期[12]。目前的测试方法也存在问题。美国食品和药物管理局要求患者在两天内每隔 30 分钟自我报告一次症状，但这种方法对于症状较少的早期患者并无效果。由于目前大多数试验都针对早期帕金森病，因此急需一种经过验证的高精度评估系统，这种系统应该对运动功能的微小变化极度敏感，同时也应该与患者对自身功能的感知相关联。

这些试验不仅耗时，而且费用高昂，通常需要 600-1200 名参与者，持续时间长达 66 个月。仅筛选过程有时就需要测试十个候选者，才能找到一个合适的参与者。

定向数字成像 (QDG) 的技术有望彻底改变帕金森病的临床试验过程。其精确测量能够：

- 减少所需的参与者数量，同时保证统计有效性
- 加快筛选和招募过程
- 提供更详细的治疗效果分析
- 实现远程测试，让试验更方便、更多样、更经济高效

定向数字成像 (QDG) 的下一步是获得美国食品药品监督管理局的批准。2024 年 11 月，美国食品药品监督管理局授予定向数字成像系统“突破性医疗器械认定”，加速了其进入医疗服务机构和普通人手中的进程。定向数字成像 (QDG) 技术的应用范围已拓展到帕金森病以外的神经系统疾病[图 3]，使其能够造福更多患者和医疗服务机构。

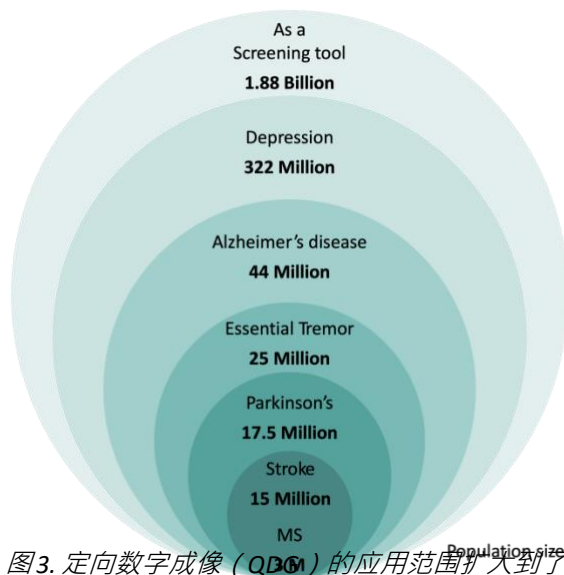


图3. 定向数字成像 (QDG) 的应用范围扩大到了帕金森病之外，图中显示了可从这一突破性技术中受益的主要神经精神疾病的全球发病率统计。

## 定向数字成像 (QDG) 助力运动功能突破性研究

QDG Health 正在引领一场医疗保健革命，改变神经和肌肉骨骼疾病的测量、监测和管理方式。通过用精确的实时监测取代主观评估，QDG Health 不仅改善了帕金森病的管理方式，还为运动功能的突破性研究开辟了新途径。该技术消除了患者与医生之间的关键障碍，同时为医疗保健系统开辟了新的收入来源。随着临床验证推广到其他病症，定向数字成像 (QDG) 正在为未来奠定基石，届时，客观、数据驱动和人工智能指导的医疗不仅是可实现的，还将成为该领域的标杆。

### 参考资料：

[1] E. R. Dorsey, T. Sherer, M. S. Okun, 和 B. R. Bloem, “The Emerging Evidence of the Parkinson Pandemic” 《J. Parkinsons Dis》第 8 卷，增刊 1，S3-S8 页，发表日期：2018 年 12 月，doi：10.3233/JPD-181474。

[2] S. L. Hoffman, P. Schmiedmayer, A. S. Gala, K. B. Wilkins, L. Parisi, S. Karjagi, A. S. Negi, S. Revlock, C. Coriz, J. Revlock, V. Ravi, 和 H. Bronte-Stewart, "Comprehensive real time remote monitoring for Parkinson's disease using Quantitative DigitoGraphy," 《npj Parkinson's Disease》第 10 卷 · 第 1 期 · 137 页 · 发表日期 : 2024 年。

[3] H. M. Bronte-Stewart, L. Ding, C. Alexander, Y. Zhou, 和 G. P. Moore, "Quantitative digitography (QDG): A sensitive measure of digital motor control in idiopathic Parkinson's disease," 《Movement Disorders》· 第 15 卷 · 第 1 期 · 36-47 页 · 发表日期 : 2000 年。

[4] A. L. Taylor Tavares 等 · "Quantitative measurements of alternating finger tapping in Parkinson's disease correlate with UPDRS motor disability and reveal the improvement in fine motor control from medication and deep brain stimulation" 《Movement Disorders》· 第 20 卷 · 第 10 期 · 1286-1298 页 · 发表日期 : 2005 年。

[5] M. H. Trager, A. Velisar, M. M. Koop, L. Shreve, E. Quinn, 和 H. Bronte-Stewart, "Arrhythmokinesia is evident during unimanual not bimanual finger tapping in Parkinson's disease" 《Journal of Clinical Movement Disorders》· 第 2 卷 · 第 1 期 · 第 8 页 · 发表日期 : 2015 年。

[6] M. H. Trager, K. B. Wilkins, M. M. Koop, 和 H. Bronte-Stewart, "A validated measure of rigidity in Parkinson's disease using alternating finger tapping on an engineered keyboard" 《Parkinsonism & Related Disorders》· 第 81 卷 · 161-164 页 · 发表日期 : 2020 年。

[7] K. B. Wilkins, M. N. Petrucci, Y. Kehnemouyi, H. Kovacs, R. Wagoner, M. Gibson, M. H. Trager, A. Velisar, K. Patel, M. M. Koop, 和 H. Bronte-Stewart, "Quantitative Digitography Measures Motor Symptoms and Disease Progression in Parkinson's Disease" 《Journal of Parkinson's Disease》· 第 12 卷 · 第 6 期 · 1979-1990 页 · 发表日期 : 2022 年。

[8] V. Prabhakar, T. Martin, E. M. Müller-Oehring, E. V. Sullivan, A. Pfefferbaum, K. Poston, 和 H. Bronte-Stewart, "Quantitative Digitography Measures Fine Motor Disturbances in Chronically Treated HIV Similar to Parkinson's Disease" 《Frontiers in Aging Neuroscience》, 第 12 卷, 539598 页, 发表日期: 2020 年。

[9] A. S. Gala, K. B. Wilkins, M. N. Petrucci, H. Kovacs, M. H. Trager, A. Velisar, K. Patel, M. M. Koop, 和 H. Bronte-Stewart, "The digital signature of emergent tremor in Parkinson's disease" 《npj Parkinson's Disease》, 第 10 卷, 第 1 期, 1-11 页, 发表日期: 2024 年。

[10] A. S. Negi, S. Karjagi 等, "Remote Real Time Digital Monitoring fills a Critical Gap in the Management of Parkinson's disease" 发表日期: 2024 年 12 月 13 日, medRxiv 平台, doi: 10.1101/2024.12.12.24318893。

[11] Y. M. Kehnemouyi, M. N. Petrucci, K. B. Wilkins, J. A. Melbourne, 和 H. M. Bronte-Stewart, "The Sequence Effect Worsens Over Time in Parkinson's Disease and Responds to Open and Closed-Loop Subthalamic Nucleus Deep Brain Stimulation" 《J. Parkinsons Dis》, 第 13 卷, 第 4 期, 537-548 页, 发表日期: 2023 年, doi: 10.3233/JPD-223368。

[12] K. McFarthing 等, "Parkinson's Disease Drug Therapies in the Clinical Trial Pipeline: 2024 Update" 《J. Parkinsons Dis.》, 第 14 卷, 第 5 期, 899-912 页, 发表日期: 2024 年, doi: 10.3233/JPD-240272。

**eWEAR-TCCI 科学写作奖**是由斯坦福大学[可穿戴电子设备倡议 \(eWEAR\)](#)发起, 由 eWEAR. 行业联盟计划成员盛大集团及[天桥脑科学研究院 \(Tianqiao and Chrissy Chen Institute\)](#) (TCCI®) 资助落地的项目。