



News & Highlights

运用数字技术应对新冠病毒肺炎疫情——追踪捉摸不定的对手

Mitch Leslie

Senior Technology Writer

2020年3月，一名刚结束滑雪旅行的芬兰商人注意到，他的欧拉指环输出值有一些异常——这个健康追踪器已经戴在他手指上一年了[1]。虽然他没有感到不舒服，但该设备检测到他的体温比正常值高1℃，并提示他的身体状况低于正常水平。此情况引起了他的注意，就医后他被确诊感染了新冠病毒肺炎（COVID-19）。他的经历引发几项涉及数千名欧拉指环佩戴者的研究，以测试由追踪器收集的数据是否可以用于COVID-19的早期诊断[2]。

随着越来越多的人感染并死于COVID-19，全世界都在寻找可能有助于遏制这种新型病原体传播的新技术。“这里有很多机会。”加利福尼亚大学洛杉矶分校戴维·格芬医学院的传染病学教授Jeffrey Klausner说。手机追踪、欧拉指环和智能体温计是三项备受瞩目的技术，这些技术已经投入使用或正在接受测试，以确定它们是否能够加快诊断、揭示病毒的传播途径，并发现或预测疾病的暴发。

如果不考虑隐私问题，一个人的手机可以提供其详细行程[3]。许多应用程序通过全球定位系统（GPS）、无线网络连接等方式获取位置信息[4]。电信公司根据手机信号塔记录用户的移动轨迹[5]。脸书、谷歌和苹果公司也从手机中收集了大量的用户位置数据，并将这些数据发布出来，以帮助说明疫情的范围[6,7]。

事实证明，分析成千上万部手机中的位置数据对于追踪疾病趋势和指导公共政策是非常有用的[8]。美国马里兰州巴尔的摩市约翰·霍普金斯大学的全球流行病

及其控制学教授Alain Labrique说，这些数据之所以具有启发性，是因为其提供了“关于流动性的流行病学见解”。例如，科学家利用集中的手机位置信息来衡量居家隔离政策的有效性。来自1500万部美国手机的位置数据显示，许多州和城市在2020年3月中旬开始采取的封锁措施对疫情防控产生了巨大作用[9]。2020年2月下旬至3月下旬，在实行封锁的县内，用户的出行距离平均减少了84%。相比之下，没有实施封锁的县只减少了67%，表明封锁措施确实起到了控制人员流动的作用[9]。

另一项对8600万部手机的位置数据的分析发现，降低流动性似乎有助于控制病毒的传播。研究表明，在美国COVID-19病例最多的25个县，居民在政府官员要求隔离之前就开始居家隔离，而且流动性的降低与9~12 d后新冠病毒感染增长率的下降具有相关性[10]。

然而，并不是每个人都能待在家里，手机记录说明了可能影响人们是否就地隔离的因素。来自Cuebiq公司（美国纽约）的数据精确定位了2020年2月中旬至3月下旬美国1500万用户的手机，并对不同地区居民的移动模式进行了比较[11]。到2020年3月16日，高收入地区的居民出行减少了50%，而低收入地区的居民直到三天后才达到50%的降幅，一些城市甚至延迟了一周或更长的时间[11]。Labrique说，这些发现可能有助于解释为什么COVID-19对低收入人群的影响更大。

另一项对大约1800万部手机的位置数据的分析可能有助于监控用户是否遵守了就地隔离的规定。到2020

年4月下旬——在美国许多州开始正式放宽就地隔离的限制之前——仍待在家中的居民比例已经从峰值下降了13%，据说这一下降可能与“禁闭疲劳”（confinement fatigue）有关[12]。

手机位置数据也有助于记录可能传播病毒的事件。比如，在2020年3月，数据公司X-Mode（美国弗吉尼亚州雷斯顿）和Tectonix（美国马里兰州哥伦比亚）调查了大约5000部手机的位置记录，这些手机用户在美国一年一度的春假（spring break）期间出现在佛罗里达州的一个海滩上。这些调查结果显示，春假结束后，这些可能携带病毒的手机用户分散在美国各个地区[13]。基于手机的移动分析导致了政策的改变。2020年4月初，类似证据表明，美国田纳西州的农村居民并没有减少他们的出行，从而促使州长下令封锁该州[14]。

每个智能手机用户都知道，位置信息可能不精确，但这并不是追踪用户移动轨迹的障碍，美国宾夕法尼亚州匹兹堡市卡耐基梅隆大学的电子与计算机工程助理教授Swarun Kumar说。例如，GPS在户外通常可精确到几十米以内，但在室内可能有100 m以上的误差。Kumar表示：“基于进行这些研究的假设，这些误差不值得过多关注。”但他补充道，这种方法的一个严重局限性是，它忽略了特定的人群，比如没有智能手机的儿童和成年人。此外，即使人们在四处走动，位置数据也不能显示他们是否采取了其他措施来减少病毒传播，如保持社交距离和佩戴口罩，所以用位置数据预测疾病传播的准确性仍有待商榷[15]。

诸如欧拉指环和联网温度计这样的设备并没有追踪用户的移动轨迹，而是捕捉了生物计量数据，这可能会为感染和疫情传播提供更为直接的证据。无症状和症状发生前的COVID-19患者也可能具有传染性[16]。正如芬兰商人的例子一样，像欧拉指环这样的设备可以帮助发现这种隐藏的或初期的感染，从而促使个人进行检测和自我隔离。美国国家篮球协会（NBA）已经接受了这个想法，并把这种指环作为监测球员健康状况计划的一部分，以恢复中断的赛季[17]。

由芬兰公司Oura Health发明的指环，售价299美元，可以记录心跳和呼吸频率、体温以及运动（图1）。目前有几项研究正在测试这些记录模式是否有助于识别COVID-19感染者。在其中一项研究中，美国加州大学旧金山分校的研究人员密切观察了2000名旧金山的医生、护士和其他医疗工作者等具有高感染风险的人群，以及其他欧拉指环佩戴者[18]。美国西维吉尼亚大学的

科学家进行了一项类似的研究，调查该指环能否帮助预测600名医护人员和首批急救人员出现症状的时间[19]。这两项研究都宣布了积极的初步结果，包括指环最早可以提前三天预测COVID-19症状的证据。然而，这些发现并没有发表在同行评议期刊上[2]。

这款智能体温计（图2）由总部位于美国旧金山的Kinsa公司生产，该公司在美国已经拥有超过200万的用户[20]。这款体温计自动将体温测量数据发送到该公司，再由公司将数据绘制成图表，以建立全国范围内的发热基线水平。这些基线水平的升高可以表明流感或类似疾

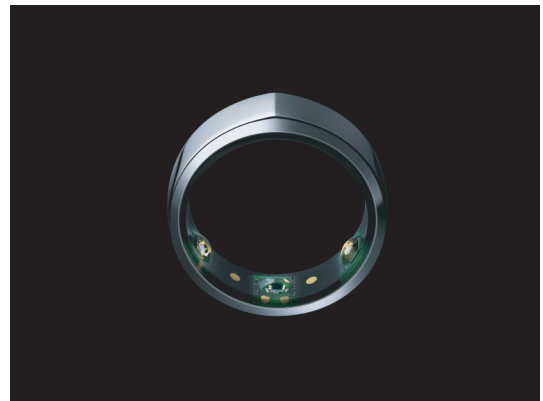


图1. 欧拉指环可以获取关于佩戴者的三类数据。红外线传感器通过检测手指上的动脉何时变得更加不透明——这是心脏刚刚将血液从血管中泵出的信号——来测量心率。负温度系数传感器通过测量电阻获得皮肤温度。三维加速度计检测运动。连接这些传感器的手机应用程序通过一个算法分析用户的睡眠、活动和准备情况（即对身体状况的总体评估）。人们希望通过从用户各项指标得分的变化情况来判定他们是无症状感染者还是症状发生前感染者。来源：Oura Health (public domain)。



图2. 这款售价30美元的Kinsa智能体温计与一款手机应用程序协同工作，该应用程序可以记录用户体温的历史数据，并将体温数据传给公司，用于流感和类似流感的疾病（包括COVID-19）传播的公共卫生预测。目前正在使用的100多万个Kinsa体温计的读数，使Kinsa公司能够建立全美的发热基线水平。公众可以在该公司网站上看到健康气象图，该图显示了哪些地区的发热程度高于预期水平（这可能预示着新冠病毒的暴发）。例如，2020年3月31日的气象图显示，纽约地区的发热程度有所上升，该地区COVID-19病例数激增。来源：Wikimedia Commons (CC BY 2.0)。

病正在传播。

在COVID-19大流行之前进行的一项研究表明，纳入温度计数据有助于更好地预测流感暴发[21]。Kinsa公司还认为，这些信息可以帮助定位COVID-19感染病例激增的位置。该公司目前在网发布了一份逐县地图，显示美国哪些地区类似流感的疾病（可能包括COVID-19）超过了已确定的基线[22]。2020年3月Kinsa公司宣布，其数据显示封锁措施降低了COVID-19的发病率[23]。而2020年6月，该公司报道称，在已经开始解封的美国亚利桑那等州，发热的增加预示着病例数激增[24]。

然而，Klausner和Labrique声称Kinsa体温计的数据价值有限。Labrique表示，尽管体温计可以识别一些需要进行调查的疾病暴发，但由于它们的采用情况不太好——不到1%的美国居民使用它们——它们将错过其他突发疾病的暴发。Klausner指出，发热不是一种特殊症状，COVID-19患者，包括感染病毒风险最高的许多老年人通常没有发热。因此，Klausner说，“温度监测将遗漏很多感染者，”并补充道，欧拉指环更有前景，因为它可以测量其他变量。即便如此，仍有相当一部分感染者由于无症状而没有被发现。Klausner宣称，NBA的重新开放计划还包括定期检测病毒，这是查明是否有球员感染COVID-19的更好方法。

随着疫情的持续，研究人员正在调查是否有其他技术可以帮助控制危机。一种建立在现有设备和程序基础上的方法，试图通过监测污水中是否含有新冠病毒来检测COVID-19的暴发[25]。另一种方法关系到使用手机便捷追踪COVID-19感染者的接触者，这一方法将在本期新闻热点栏目的下一篇文章中讨论。

References

- [1] Oppenheim S. Consumer data to the rescue? How tech and researchers are illuminating the spread of COVID-19 [Internet]. Jersey City: Forbes; 2020 Apr 6 [cited 2020 Jul 8]. Available from: <https://www.forbes.com/sites/serenaoppenheim/2020/04/06/consumer-data-to-the-rescue-how-tech-and-researchers-are-illuminating-the-spread-of-covid-19>.
- [2] Fowler GA. Wearable tech can spot coronavirus symptoms before you even realize you're sick [Internet]. Washington, DC: Washington Post; 2020 May 28 [cited 2020 Jul 8]. Available from: <https://www.washingtonpost.com/technology/2020/05/28/wearable-coronavirus-detect/>.
- [3] Thompson SA, Warzel C. Twelve million phones, one dataset, zero privacy [Internet]. New York: New York Times; 2019 Dec 19 [cited 2020 Jul 8]. Available from: <https://www.nytimes.com/interactive/2019/12/19/opinion/location-tracking-cell-phone.html>.
- [4] Valentino-DeVries J, Singer N, Keller MH, Krolak A. Your apps know where you were last night, and they're not keeping it secret [Internet]. New York: New York Times; 2018 Dec 10 [cited 2020 Jul 8]. Available from: <https://www.nytimes.com/interactive/2018/12/10/business/location-data-privacy-apps.html>.
- [5] Pegoraro R. Apple and Google remind you about location privacy, but don't forget your wireless carrier [Internet]. McLean: USA Today; 2019 Nov 23 [cited 2020 Jul 8]. Available from: <https://www.usatoday.com/story/tech/columnist/2019/11/23/location-data-how-much-do-wireless-carriers-keep/4257759002/>.
- [6] Nield D. How Apple and Google's social distancing maps work [Internet]. San Francisco: Wired; 2020 Apr 19 [cited 2020 Jul 8]. Available from: <https://www.wired.com/story/apple-google-social-distancing-maps-privacy/>.
- [7] Waltz E. How Facebook and Google track public's movement in effort to fight COVID-19 [Internet]. New York: IEEE Spectrum; 2020 Apr 16 [cited 2020 Jul 8]. Available from: <https://spectrum.ieee.org/the-human-os/telecom/wireless/facebook-google-data-publics-movement-covid19>.
- [8] Oliver N, Lepri B, Sterly H, Lambiotte R, Delataille S, De Nadai M, et al. Mobile phone data for informing public health actions across the COVID-19 pandemic life cycle. *Sci Adv* 2020;6(23):eabc0764.
- [9] Glanz J, Carey B, Holder J, Watkins D, Valentino-DeVries J, Rojas R, et al. Where America didn't stay home even as the virus spread [Internet]. New York: New York Times; 2020 Apr 2 [cited 2020 Jul 8]. Available from: <https://www.nytimes.com/interactive/2020/04/02/us/coronavirus-social-distancing.html>.
- [10] Badr HS, Du H, Marshall M, Dong E, Squire MM, Gardner LM. Association between mobility patterns and COVID-19 transmission in the USA: a mathematical modelling study. *Lancet Infect Dis* 2020. In press.
- [11] Valentino-DeVries J, Lu D, Dance GJX. Location data says it all: staying home during coronavirus is a luxury [Internet]. New York: New York Times; 2020 Apr 3 [cited 2020 Jul 8]. Available from: <https://www.nytimes.com/interactive/2020/04/03/us/coronavirus-stay-home-rich-poor.html>.
- [12] McMinn S, Talbot R. Mobile phone data show more Americans are leaving their homes, despite orders [Internet]. Washington, DC: NPR; 2020 May 1 [cited 2020 Jul 8]. Available from: <https://www.npr.org/2020/05/01/849161820/mobile-phone-data-show-more-americans-are-leaving-their-homes-despite-orders>.
- [13] O'Sullivan D. How the cell phones of spring breakers who flouted coronavirus warnings were tracked [Internet]. Atlanta: CNN; 2020 Apr 4 [cited 2020 Jul 8]. Available from: <https://www.cnn.com/2020/04/04/tech/location-tracking-florida-coronavirus/index.html>.
- [14] Kelman B. Cellphone data convinced Gov. Bill Lee to shut down Tennessee. This is what he saw [Internet]. Nashville: Tennessean; 2020 Apr 3 [cited 2020 Jul 8]. Available from: <https://www.tennessean.com/story/news/health/2020/04/03/coronavirus-tennessee-gov-bill-lee-shelter-in-place-cell-phone-data/5102643002/>.
- [15] Timberg C. The limits of smartphone data are on display as the country seeks to reopen [Internet]. Washington, DC: Washington Post; 2020 May 14 [cited 8 July 2020]. Available from: <https://www.washingtonpost.com/technology/2020/05/14/location-data-covid-predictions/>.
- [16] Shukman B. Coronavirus: the mystery of 'asymptomatic' silent spreaders [Internet]. London: BBC; 2020 May 31 [cited 2020 Jul 8]. Available from: <https://www.bbc.com/news/uk-52840763>.
- [17] Pickman B. The story behind the ring that is key to the NBA's restart [Internet]. New York: Sports Illustrated; 2020 Jul 1 [cited 2020 Jul 8]. Available from: <https://www.si.com/nba/2020/07/01/oura-ring-nba-restart-orlando-coronavirus>.
- [18] Peters J. New study aims to use health data from a smart ring to identify coronavirus symptoms [Internet]. New York: The Verge; 2020 Mar 23 [cited 2020 Jul 8]. Available from: <https://www.theverge.com/2020/3/23/21191225/coronavirus-smart-ring-oura-ucsf-san-francisco-general-hospital-empredict>.
- [19] Etherington D. Researchers use biometrics, including data from the Oura ring, to predict COVID-19 symptoms in advance [Internet]. San Francisco: TechCrunch; 2020 May 28 [cited 2020 Jul 8]. Available from: <https://techcrunch.com/2020/05/28/researchers-use-biometrics-including-data-from-the-oura-ring-to-predict-covid-19-symptoms-in-advance/>.
- [20] Bloudoff-Indelicato M. This company claims its smart thermometer could help detect coronavirus hot spots faster than the CDC [Internet]. Englewood Cliffs: CNBC; 2020 Apr 2 [cited 2020 Jul 8]. Available from: <https://www.cnbc.com/2020/04/02/this-smart-thermometer-could-help-detect-covid-19-hot-spots.html>.
- [21] Miller AC, Singh I, Koehler E, Polgreen PM. A smartphone-driven thermometer application for real-time population- and individual-level influenza surveillance. *Clin Infect Dis* 2018;67(3):388-97.
- [22] HealthWeather [Internet]. San Francisco: Kinsa Inc.; [updated 2020 Jul 8; cited 2020 Jul 8]. Available from: <https://healthweather.us>.
- [23] Kopf D, Ossola A. Social distancing is slowing not only COVID-19, but other diseases too [Internet]. New York: Quartz; 2020 Mar 25 [cited 2020 Jul 8]. Available from: <https://qz.com/1824020/social-distancing-slowing-not-only-covid-19-but-other-diseases-too/>.
- [24] Young R, McMahon S. Kinsa smart thermometer data predicts new COVID-19 spikes weeks before CDC [Internet]. Boston: WBUR; 2020 Jun 25 [cited 2020 Jul 8]. Available from: <https://www.wbur.org/hereandnow/2020/06/25/covid-19-kinsa-smart-thermometer>.
- [25] Begley S. Wastewater testing gains traction as a COVID-19 early warning system [Internet]. Boston: STAT; 2020 May 28 [cited 2020 Jul 8]. Available from: <https://www.statnews.com/2020/05/28/wastewater-testing-gainssupport-as-covid19-early-warning/>.