

Authors are encouraged to submit new papers to INFORMS journals by means of a style file template, which includes the journal title. However, use of a template does not certify that the paper has been accepted for publication in the named journal. INFORMS journal templates are for the exclusive purpose of submitting to an INFORMS journal and should not be used to distribute the papers in print or online or to submit the papers to another publication.

# 美国阿片类药物滥用危机：利润、风险和供应链责任

(Authors' names blinded for peer review)

*Key words:* 阿片类药物危机、医药供应链、供应链整合、供应链责任、供应链多样化

---

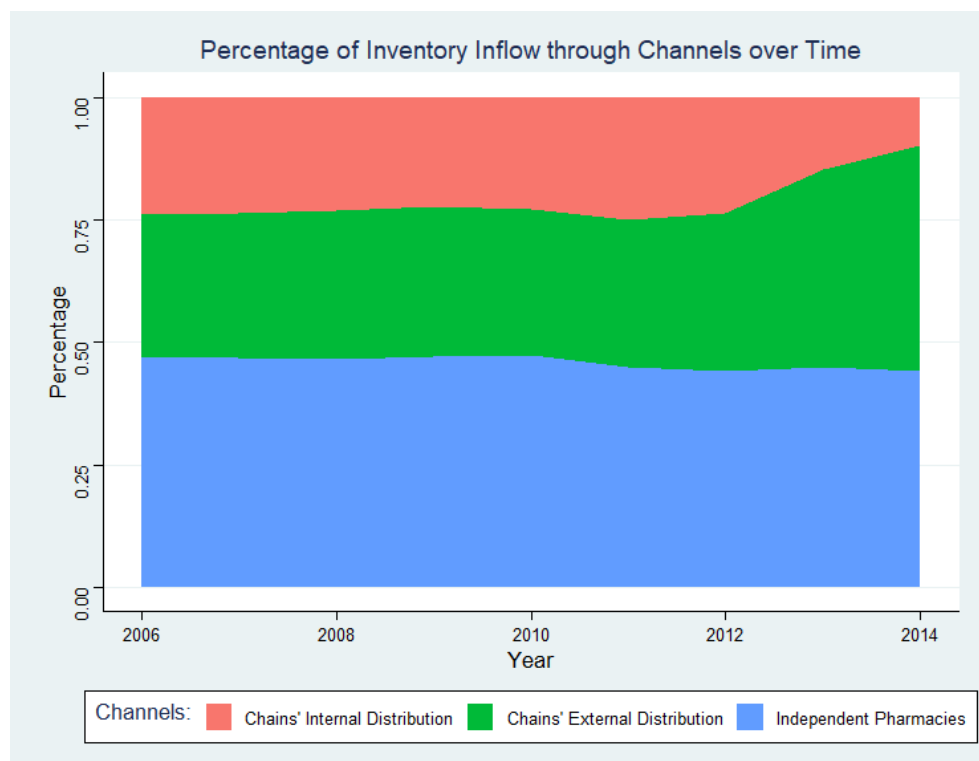
## 1. 引言

多年来，美国一直饱受止痛药过量流行之苦。阿片类药物处方量的增加导致了处方和非处方阿片类药物的广泛滥用，之后人们才清楚地认识到这些药物确实具有高度成瘾性。本文试图研究供应链结构如何影响阿片类药物在零售领域的盛行。我们重点研究了零售药店与其上游合作伙伴（如批发商和分销商）之间的商业行为。ARCOS 数据库保存着受管控类药物的交易记录的，同时也是这篇分析所依赖的基础。大型连锁药店及其配送中心被指控对处方止痛药的大量滥用负有责任(Abelson et al. 2019)。在我们的调查范围内，连锁零售商总共处理了53%的阿片类药物，其中排名前五的连锁公司处理这其中的约78%的阿片类药物。这些公司是CVS、Walgreens、Kroger、Walmart 和Rite Aid。全美一些县和州已经对这些公司采取了法律行动。然而，我们的调查结果显示了这场危机的另一面。我们认为，独立零售药店也应承担主要责任，同时连锁药店与批发商的合作关系在助长麻醉品滥用方面起到了恶劣的作用。

## 2. 文献综述与假设

《华盛顿邮报》一直在积极调查、跟踪和报道这一场滥用危机。本研究使用的数据库也由《华盛顿邮报》提供。在阿片类药物的药品供应链中，大型制药公司扮演着主导角色，它们通过种植、加工和供应大多数制药公司销售的止痛药的成分，影响着多个层级。强生公司就是一个例子。强生公司从外国进口罂粟原料，然后将其提炼成羟考酮和氢可酮(Whoriskey 2020)。同时这些公司采取了积极的营销策略，以增加市场对其止痛药的需求(Horwitz et al. 2019)。人们在使用这些处方产品后上瘾(Rowland 2019)。据报道，主要制造商、分销商和零售商对这场滥用危机的发展无动于衷(Higham et al. 2019)。

这场阿片类药物危机也引起了学术界的关注，学者们从不同角度对这一主题进行了大量研究。本文研究了阿片类处方药的合法使用及其过量使用，而阿片类药物的非法使用是导致这此危机



**Figure 1 Channels Compete**

的另一个原因。在合法使用阿片类药物的同时，滥用处方药的现象也在增加(Kuehn 2007)。2004年，全球氢可酮供应量的99% 发生在美国。处方量增加的一个原因是药品生产商向医生支付了由提供商指导费(Nguyen et al. 2019)。有观点认为，与没有收到任何此类费用的医生相比，收到特定指导费的医生每年开出的单日剂量更多。开药过多的原因还可能是医生对麻醉的潜在危害缺乏认识(Clark and Schumacher 2017)。

制药业可定义为参与到发现、开发和制造药物和药品的各种流程、业务和组织的综合体(Shah 2004)。跨国公司在全球标牌产品的供应链中占据着主导地位，它们掌控着供应链的大部分。这意味着生产实际上是一个推动过程(Shah 2004)。除药品分销外，PBM 和保险供应商还管理供应链的融资部分(Dabora et al. 2017)。一份全面的文献综述已经被出版了(Narayana et al. 2014)。人们努力分析供应链结构。其中一种建模方法是利用变分不等式理论，对医药产品供应链进行具有弧形乘数的广义网络寡头垄断设定(Masoumi et al. 2012)。在该网络中，每家公司都以非合作的方式选择产品流动路径，寻求自身利润最大化，直至实现均衡。

零售商处于药品供应链的最底层。他们的业务与客户互动，满足处方止痛药的市场需求。独立药店和连锁药店是两大类零售商。区分它们的方法之一是物流能力。独立药店依靠批发商进行仓储和运输，而连锁药店则可借助内部配送部门直接与制造商互动(Brooks et al. 2008)。研究发现，独立药店比连锁药店更依赖处方药销售(Winegar et al. 2009)。对于独立药店来说，处方部门往往产生了它们超过75%的收入，而对于大型零售连锁店来说，这一数字可能不到50% (Doucette et al. 1999)。此外，与连锁药店相比，独立药店提供疼痛管理计划的比例更高(Doucette et al.

2006)。基于这些事实，我们认为独立药店是市场供应增长的主要推动力，因为与连锁药店相比，独立药店的盈利能力和生存能力更依赖于阿片类药物。

**HYPOTHESIS 1.** 独立药房比连锁药房更积极地供应阿片类药物。

由于与批发商的关系是对药店进行分类的基本标准，我们认为供应链整合影响了这场滥用危机的演变。为了确定供应链效应，成本是衡量结构对麻醉品危机影响的标准。研究表明，供应链整合程度越高，运营成本越低。例如，在一个具有静态随机需求和固定运输时间的两阶段串行供应链中，零售商和供应商可以选择整合、合作或竞争。在供应链整合的情况下，总成本达到最优，而其他商业形式无法达到最佳基本库存水平(Cachon and Zipkin 1999)。在动态规划设定下也得出了类似的结论(Gao 2015)。当库存和运输业务作为一个共同目标一起被管理时，预期的持有成本和回购成本总是低于其他方案(Büyükkaramikli et al. 2014)。“牛鞭效应”是非整合结构业绩不佳的一种可能的解释。一般认为，供应链整合结构能更好地实现零售商和批发商之间的信息共享，从而降低订单差异的放大效应(Chatfield et al. 2004)。

从数据来看，与批发商合作的连锁药店数量远远超过没有合作的数量，这反映了一个事实，即大多数连锁药店没有足够的仓储或运输能力，无法独立生存。几乎不存在绝对自力更生的连锁店。即使它们拥有内部分销系统，通常也会选择与批发商合作。就本研究而言，整合案例对应的是拥有内部系统的连锁药店，相反的案例则类比与批发商互动的连锁药店。为实现利润最大化，连锁药店应将低成本渠道用于大部分收入，而将高成本渠道用于剩余的小部分收入。这样，他们就可以优化其渠道分配方案。因此，连锁药店应将与处方有关的业务主要通过与批发商合作的形式处理，因为只有一小部分利润从中产生。相比之下，连锁药店会将其余业务通过内部分销系统处理掉，以期望产生大部分利润。

**HYPOTHESIS 2.** 对于连锁店来说，其外部配送系统比内部配送系统更能抵御独立药店对市场供应份额的抢占。

### 3. 数据

自动报告和合并订购系统(ARCOS)是一个数据收集系统，制造商和分销商通过该系统向缉毒局(DEA)报告其关于管制药物的交易。该系统收集包括阿片类药物在内的某些受管制物质的交易信息。缉毒署利用这些信息来确定配额、分销趋势、内部审计和其他分析。ARCOS系统记录了直接影响此次滥用危机的供应链活动。通过一系列法律程序，联邦法院和《华盛顿邮报》最终公开了这一数据库(Achenbach 2019)。

从交易层面的原始数据来看，共有14种与类阿片相关的药物，它们是丁丙诺啡、可待因、二氢可待因、芬太尼、氢可酮、氢吗啡酮、左吗啡醇、美培林、美沙酮、吗啡、强力鸦片、羟考酮、羟吗啡酮和他喷他多。不过，丁丙诺啡和美沙酮不在我们的分析之列，因为它们更常用于治疗阿片类药物成瘾和依赖，而非缓解疼痛。此外，二氢可待因、强力鸦片和左旋吗啡醇也没有包括在内，因为它们在市场上的存在极少，很少用于处方，而且流通模式异常。

### 3.1. 因变量

为了验证我们的假设，我们使用每个县的年度库存流入量作为因变量，即批发商和分销商向药店交付的阿片类药物的数量。因变量的单位是人均吗啡毫克当量（MME）。吗啡毫克当量（MME）是分配给阿片类药物的一个值，代表其相对效力。每种药物都可以标准化为以毫克为单位的吗啡当量。ARCOS数据集包含每条交易记录的MME信息。处方药的确切市场需求是一个理想的因变量，但目前尚无此类数据。根据我们的模型设定，批发商和分销商的发货量实际上占药店处理药品总量的96%以上，其余3%的药品由于各种原因离开了市场。因此，发货量是衡量阿片类药物供应的一个很好的指标，因为它与历年处方镇痛药的消费量接近。为了对人口进行调整，因变量以人均为基础。

我们将ARCOS数据重塑为九年（即2006年至2014年）的县级纵向格式。数据中包含2965个县，为了平衡面板，我们剔除了时间覆盖不完整的县。

### 3.2. 自变量

有三种供应链渠道将药物推向市场。连锁药店与批发商合作。连锁药店也有内部配送部门，而独立药店只能依靠批发商。这三种渠道构成了处方类阿片的供应。独立零售商选择批发商，以独立协商的价格从批发商处购买产品；相比之下，连锁药店可以直接与制药商协商价格(Levitt 2017)。

因此，有三个探索性变量：通过连锁店内部/外部分销和独立零售商分销处理的药品百分比。这三个变量分别代表了通过特定渠道运输到某县药店用于处方的阿片类药物的比例。例如，阿拉巴马州的鲍德温县在2010年有26%的药品来自连锁店的内部配送，46%由独立零售商处理，其余28%由批发商运送到连锁店。

### 3.3. 控制变量

疾病预防控制中心发布了关于阿片类药物处方率的数据，即县一级每年按人均计算的阿片类药物处方总数。请注意，这些是处方数，并没有转换成吗啡毫克当量（MME）。然而，我们相信更多的处方实践会导致更高的市场需求。这些数据反映了2006年至2014年间药物需求的真实数量。此外，由于因变量是年度库存流入量，而年度库存流入量只是供应量，因此处方率可以作为需求方信息的替代。通过控制处方，我们可以观察到年度库存流入量是如何通过各种供应结构流动的。处方率还包含其他信息，如制药公司的营销努力和慢性药物滥用。

滥用麻醉品摧毁了许多家庭。人们的精神和肉体都受到了摧残。因此，家庭收入成为社会负面影响的一个主要指标。一种直觉认为，经济机会的减少可能是导致吸毒过量危机的重要原因。吸毒者最终会因毒瘾而丧失工作能力，这可能会降低一个县的中位收入。研究表明，美国工人阶级的经济下降与死亡率上升之间存在相关性(Case and Deaton 2017)。处方的各种衡量标准与县家庭收入中位数之间存在另一种强烈的负相关关系(Zhou et al. 2018)。

研究表明，经济前景较差的县更有可能出现较高的药物使用和阿片类处方流行率。从2006年到2016年，一个县的贫困率平均每增加1%，阿片类药物的人均零售量就会增加1.4% (Ghertner and Groves 2018)。

失业率是另一个广为接受的社会经济衡量标准。在经济疲软时期，与阿片类药物相关的死亡人数和急诊室就诊人数都会增加。作为宏观经济状况的替代指标，失业率每上升1%，1999-2014年间每10万人中年阿片类药物相关死亡率的预测值就会上升0.19 (Hollingsworth et al. 2017)。就处方而言，从2006年到2016年，一个县的失业率每增加1%，阿片类药物的人均销售量就会增加3.8% (Ghertner and Groves 2018)。

广泛的保险覆盖面有助于改善人们的健康和社会福祉。研究发现，长期以来，精神和药物使用障碍患者的无保险率一直高于普通大众。2014年，医疗补助计划为接受药物使用障碍治疗的个人支付的费用增加了7.4% (Saloner et al. 2017)。一些研究人员认为，医疗补助计划是阿片类药物滥用危机解决方案的一部分。它使受益人能够负担得起像丁丙诺啡和纳洛酮这样的药物，这些药物是用于防治阿片类药物使用障碍的处方药 (Broaddus et al. 2018)。因此，扩大保险计划将增加患者获得治疗的机会，减少用药过量。

## 4. 模型和结果

### 4.1. 设定

为了验证假设，我们在回归方程中加入了固定效应 (FE)、随机效应 (RE) 和集合OLS。FE 方法是对每个县进行去均值回归，然后对平均偏差应用OLS。这一过程的好处是纠正因时间不变的非观测变量造成的遗漏变量偏差所导致的内生性。另一个好处是校正了不随时间变化的个体异质性。一个缺点是，一些在9年期间不发生变化的有用信息在数学上被排除在分析之外。FE 分析表明因变量的变化在多大程度上可以用探索变量的变化来解释。RE 分析假定截距是随机的。当个体异质性与自变量相关时，RE 比FE 更有效；反之，RE 则有偏差。集合OLS 方法没有考虑足够的县级信息。最重要的是，在学术界，FE 方法比其他两种方法更容易被接受。总之，本分析以带有按县聚类的稳健标准误差的FE 模型为基础，其他模型则用于比较和稳健性检验。从技术上讲，在修正了FE 模型下的组内相关性、横截面相关性和组间异方差之后，我们的结论仍然成立。

$$\begin{aligned} opioid_{i,t} = & \beta_1 \cdot percent\_wholesaler\_chain_{i,t} + \beta_2 \cdot percent\_internal\_chain_{i,t} + \\ & \beta_3 \cdot percent\_independent_{i,t} + \sum_{j=4}^8 \beta_j \cdot controls_{j,i,t} + \gamma \cdot \lambda_t + u_i + \epsilon_{i,t} \end{aligned} \quad (1)$$

### 4.2. 描述性统计

表1 提供了描述性统计和相关性。Opioid per capita 与prescribing rate 具有正相关性。percent\_independent 与percent\_wholesaler\_chain 和percent\_internal\_chain 存在负相关性，因为连锁店供应份额的增加相当于独立药店供应份额的减少。poverty\_rate 和median\_income 是说明一个县社会福祉的一枚硬币的两面。共线性和高相关性问题的都已考虑在内，我们的结果不受其影响。

Table 1: 描述性统计

|                            | Mean     | SDev    | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9    |
|----------------------------|----------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| 1 Opioid                   | 600.20   | 2.27    | 1.00   |        |        |        |        |        |        |        |      |
| 2 percent_internal_chain   | 0.17     | 0.0009  | 0.04*  | 1.00   |        |        |        |        |        |        |      |
| 3 percent_wholesaler_chain | 0.25     | 0.0013  | 0.08*  | 0.25*  | 1.00   |        |        |        |        |        |      |
| 4 percent_independent      | 0.58     | 0.0018  | -0.09* | -0.69* | -0.88* | 1.00   |        |        |        |        |      |
| 5 prescribing_rate         | 0.89     | 0.0030  | 0.71*  | 0.19*  | 0.05*  | -0.13* | 1.00   |        |        |        |      |
| 6 unemployment_rate        | 7.25     | 0.0190  | 0.24*  | 0.07*  | 0.02*  | -0.05* | 0.23*  | 1.00   |        |        |      |
| 7 uninsured_rate           | 17.01    | 0.0340  | -0.01* | -0.01* | -0.22* | 0.17*  | 0.07*  | 0.14*  | 1.00   |        |      |
| 8 poverty_rate             | 16.28    | 0.0398  | 0.13*  | -0.05* | -0.21* | 0.18*  | 0.26*  | 0.48*  | 0.45*  | 1.00   |      |
| 9 median_income            | 44385.79 | 73.4447 | -0.12* | 0.10*  | 0.33*  | -0.30* | -0.26* | -0.31* | -0.44* | -0.75* | 1.00 |

\*p < 0.05. 显示未转换变量的统计数据。人均阿片类药物、通过连锁店内部或外部分销的药物百分比、独立药店销售的药物百分比、处方率、失业率、无保险率、贫困率和收入中位数。

Table 2

|                          | Fixed Effects         | Random Effects        | OLS                   |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                          | Opioid                | Opioid                | Opioid                |
| percent_internal_chain   | -3.313***<br>(0.256)  | -2.622***<br>(0.206)  | -3.133***<br>(0.273)  |
| percent_wholesaler_chain | -2.679***<br>(0.227)  | -1.754***<br>(0.159)  | -0.175<br>(0.167)     |
| percent_independent      | 2.863***<br>(0.220)   | 2.024***<br>(0.148)   | 1.174***<br>(0.148)   |
| prescribing_rate         | 2.467***<br>(0.147)   | 3.182***<br>(0.132)   | 5.356***<br>(0.133)   |
| unemployment_rate        | 7.625***<br>(1.107)   | 9.503***<br>(1.091)   | 17.508***<br>(1.872)  |
| uninsured_rate           | 3.530***<br>(0.583)   | 1.730***<br>(0.492)   | -0.529<br>(0.779)     |
| poverty_rate             | 0.847<br>(0.587)      | -0.789*<br>(0.479)    | -7.643***<br>(0.873)  |
| year_2007                | 44.449***<br>(1.319)  | 39.863***<br>(1.307)  | 27.958***<br>(1.668)  |
| year_2008                | 69.272***<br>(2.170)  | 60.056***<br>(2.114)  | 33.605***<br>(2.836)  |
| year_2009                | 74.360***<br>(5.056)  | 59.353***<br>(4.973)  | 9.096<br>(7.990)      |
| year_2010                | 120.787***<br>(5.614) | 105.189***<br>(5.507) | 51.779***<br>(8.484)  |
| year_2011                | 163.637***<br>(5.381) | 148.581***<br>(5.210) | 102.292***<br>(7.450) |
| year_2012                | 180.930***<br>(5.056) | 164.273***<br>(4.795) | 116.602***<br>(6.298) |
| year_2013                | 160.411***<br>(4.727) | 146.552***<br>(4.466) | 107.732***<br>(5.541) |
| year_2014                | 186.054***<br>(4.921) | 168.615***<br>(4.495) | 144.654***<br>(5.501) |

\*  $p < 0.1$ ; \*\*  $p < 0.05$ ; \*\*\*  $p < 0.01$

### 4.3. 结果

为了检验我们的假设，我们首先验证了表2 中的控制变量。在FE 设定中，失业率与因变量呈正相关。贫困率和收入中位数与阿片类药物的人均供应量相关，其方向与理论预测一致。就未参保率而言，保险覆盖面的扩大与药物过量治疗计划同时发生，这体现在正系数上。年份固定效应显示出一种递增模式，解释了随着时间推移药物供应量增加的原因。处方率与年度库存流入量之间存在明显的正相关关系，表明需求与供应之间存在匹配关系。由于对照组表现正常，且内部 $R^2$  超过0.45，因此探索性变量应能为进一步分析和推理提供可信的结果。

同样，药品供应链是一种推动结构，根据背景故事，麻醉品供应链更是如此。这种结构突出了指导整个供应链的战略规划。大型制药公司和制造商是管理供应流程的核心部分，他们还致力于

开展营销工作。换句话说，市场需求并不决定生产，而是成为生产的结果。放大到这个双阶段子系统，我们认为处方药的需求不是由药店决定的，药店唯一的决策是渠道分配方案的制定。从因果方向来看，零售商决定了他们的供应渠道。在本研究中，供应方的三个探索变量直接说明了处方止痛药过量的流动路径。

我们的结果支持假设1。*percent\_independent* 的系数是正的。相较之下，*percent\_wholesaler\_chain* 和 *percent\_internal\_chain* 的系数是负数。独立药房超过75%的收入来自处方药(Doucette et al. 1999)。阿片类药物是一种非常独特的药物，一旦人们对其上瘾就会成为生活必需品，而这种上瘾会给药店带来稳定的需求增长。因此，阿片类药物相关业务的扩大有可能对独立零售商的收入产生更大的相对影响。连锁药店之所以没有像独立零售商那样蛮横无理，原因之一是它们的业务范围更广。对于独立药店来说，处方调配和专业药剂师服务往往主导了它们的业务。然而，在其他药店，处方部和药剂师服务只是其商业模式、竞争战略和市场定位的补充部分(Doucette et al. 2017)。此外，主要依靠销售处方药而非其他商店商品的独立零售商认为，随着处方药价格下降，他们的经营灵活性也会降低(Bono and Crawford 2010)。长期以来，人们一直在研究这两类药店之间的竞争。一些独立药店可能因连锁竞争者而关闭(Schommer et al. 2014)。独立药店的服务似乎跟不上连锁药店的增長。这可能是由于与大型连锁机构相比，独立药店可利用的资源较少(Doucette et al. 2017)。因此，系数的相反符号表明，在这九年期间，连锁药店拓展阿片类药物处方业务的力度不及独立药店。

假设2也得到了支持。对于连锁店来说，其外部配送系统比内部配送系统更能抵御独立药店对市场供应份额的抢占。如果连锁企业的内部系统拥有足够的能力，并且成本适当，那么它们就会通过这一渠道处理所有的事情。然而，事实上，从数据中我们可以看出，绝对自力更生的连锁店非常少，几乎所有的连锁店都与批发商合作。由于能力有限，他们将大部分收入分配给低成本渠道，以实现利润最大化，而将小部分收入（如阿片类药物处方）战略性地分配给其他渠道。与此类似，在我们的研究中，内部管理的渠道是一个整合的系统，而对批发商的依赖则相当于一个非整合的系统。在这两种渠道中，内部分销系统的成本较低，因为供应链整合带来了一些好处。研究表明，库存补充和运输操作的随机动态整合比非协调或协调物流的表现都要好(Büyükkaramikli et al. 2014)。在博弈论的背景下，无论供应商和零售商的合作程度如何，整合的供应链总能胜出(Cachon and Zipkin 1999)。此外，只要运输在分销过程中发挥了作用，库存决策和运输决策最好同时被制定。如果零售商在多货架库存中忽略了运输成本的相关部分，就可能导致非最佳安全库存分配(Tempelmeier and Bantel 2015)。当独立零售商越来越积极地接管供应时，连锁店的内部渠道失去了更多份额，因为它已经处理了大部分收入，并不过分依赖处方业务来实现利润增长。处方服务对连锁店来说只是一个小方面，阿片类处方更是微不足道。显然，连锁企业并没有像利用外部渠道那样大力拓展与阿片类药物相关的业务。相比之下，与批发商合作的损失并没有那么严重，因为连锁药店总是指定批发商主要处理受管制药品，这使得该渠道在面对独立药店的攻击时，仍能保持相对较快的供应增长速度。



## 5. 讨论与洞见

舆论和美国媒体将药物过量疫情归咎于连锁药店(Abelson et al. 2019)。然而, 我们的研究表明, 独立药店也应为这场危机承担主要责任, 因为在这九年中, 当处方药市场飙升时, 独立药店的扩张更为积极。令人惊讶的是, 内部分销并没有像连锁店与批发商的合作那样积极助长危机。本研究得出的一个结论是, 供应链结构非常重要。零售商通过向不同渠道分配服务来实现利润最大化。与业务范围较为集中的其他零售商相比, 从事较为多样化业务活动的零售商在利润增长方面对受管控药品的依赖程度较低。高度整合的供应链可从低运营成本中获益, 从而减少对阿片类处方服务的依赖。

人们一直在努力从需求方面阻止这一阿片类药物滥用危机。毒性监测包括对急诊科(ED)中阿片类药物中毒的患者进行强制性阿片类药物检测, 但这一做法并不广泛, 而且很难识别新型药物(Lucyk and Nelson 2017)。研究人员建议在美国的医学院、牙医学院、药学院或护理学院广泛使用通用的疼痛管理课程, 并开展有关疼痛的公共教育(Clark and Schumacher 2017)。纳洛酮分发计划是另一种方法(Fairbairn et al. 2017), 与其一同被考虑的是监督注射设施(Gilbert and Dasgupta 2017)。我们认为供应链责任在这场社会危机中扮演着重要角色。如果独立药店的业务范围不那么集中, 它们就不会有强烈的动力去扩大与麻醉品有关的服务。在适当的政策下, 连锁药店可能不愿意通过其任何渠道处理阿片类药物。因此, 从供应方削减阿片类药物可能与从需求方削减阿片类药物一样有效。

## 6. 稳健性检验

同时性偏差是内生性的一个潜在来源。也就是说, 因变量和探索变量在每个时期都会相互影响。更具体地说, 对药品的需求会反向影响管理者对渠道选择的决策。如果情况确实如此, 那么我们的估计就会出现偏差和不一致。为了检验这个问题, 我们使用滞后的自变量来解释阿片类药物的需求。这样, 供应方可以影响下一时期的需求, 而不是相反。当然, 影响的传递是通过当前的需求。

$$\begin{aligned} opioid_{i,t} = & \beta_1 \cdot percent\_external\_chain_{i,t-1} + \beta_2 \cdot percent\_internal\_chain_{i,t-1} \\ & + \beta_3 \cdot percent\_independent_{i,t-1} + \beta_{4,5,6,7,8} \cdot controls_{i,t-1} \\ & + \gamma \cdot (t-1) + u_i + \epsilon_{i,t} \end{aligned} \quad (2)$$

## 7. 结论

本文从供应链结构的角度研究阿片类药物危机。通过控制作为需求代理的处方率, 我们仔细研究了这些受管制药物的供应方。药品供应链的“推动型”结构有助于为我们的分析确立因果方向, 并避免同时性偏差。库存流入有三个渠道, 几乎所有库存都满足了处方持有者的需求。作为供应链底层的一员, 独立零售商在这一业务上的活跃度上升, 从而导致连锁店供应份额的流失。然而, 处方部只是连锁店业务活动的一个补充方面, 它们将大部分处方部分配给了批发伙伴。这就解释

**Table 3** 带有滞后探索变量的回归结果

|                        | Fixed Effects           | Random Effects          | OLS                     |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                        | Opioid                  | Opioid                  | Opioid                  |
| percent_internal_chain | -304.140***<br>(26.128) | -241.580***<br>(20.961) | -301.708***<br>(27.999) |
| percent_external_chain | -195.372***<br>(22.225) | -113.911***<br>(15.779) | -5.606<br>(18.187)      |
| percent_independent    | 230.550***<br>(21.557)  | 157.255***<br>(15.159)  | 112.388***<br>(15.670)  |
| prescribing_rate       | 192.751***<br>(17.460)  | 291.170***<br>(15.721)  | 547.360***<br>(14.230)  |
| unemployment_rate      | 7.860***<br>(1.004)     | 9.923***<br>(1.014)     | 17.869***<br>(1.897)    |
| uninsured_rate         | 2.887***<br>(0.607)     | 1.157**<br>(0.515)      | -0.900<br>(0.819)       |
| poverty_rate           | 0.195<br>(0.593)        | -0.793<br>(0.504)       | -7.365***<br>(0.918)    |
| median_income          | -0.0004<br>(0.000)      | -0.00007<br>(0.000)     | 0.002***<br>(0.000)     |
| year_2008              | 32.869***<br>(1.475)    | 27.477***<br>(1.498)    | 14.429***<br>(1.934)    |
| year_2009              | 57.465***<br>(2.353)    | 46.405***<br>(2.323)    | 18.216***<br>(3.070)    |
| year_2010              | 83.702***<br>(5.092)    | 65.022***<br>(5.069)    | 12.451<br>(8.215)       |
| year_2011              | 109.199***<br>(5.472)   | 88.806***<br>(5.379)    | 31.989***<br>(8.672)    |
| year_2012              | 134.162***<br>(5.220)   | 114.237***<br>(5.083)   | 64.822***<br>(7.574)    |
| year_2013              | 107.719***<br>(4.773)   | 85.464***<br>(4.560)    | 33.855***<br>(6.289)    |
| year_2014              | 110.045***<br>(4.489)   | 90.987***<br>(4.318)    | 49.316***<br>(5.662)    |

\* p &lt; 0.1; \*\* p &lt; 0.05; \*\*\* p&lt;0.01

了为什么外部配送渠道比内部配送中心损失的供应份额要少。总之，这两类药店都对当前的危机负有责任，而供应链结构决定了它们的影响。对于政策制定者来说，他们需要重视这一问题，以遏制危机的蔓延。

## References

- Abelson J, Williams A, Tran AB, Kornfield M (2019) At height of crisis, walgreens handled nearly one in five of the most addictive opioids. *The Washington Post* URL <https://www.washingtonpost.com/investigations/2019/11/07/height-crisis-walgreens-handled-nearly-one-five-most-addictive-opioids/?arc404=true>.
- Achenbach J (2019) How an epic legal battle brought a secret drug database to light. *The Washington Post* URL <https://www.washingtonpost.com/health/>

how-an-epic-legal-battle-brought-a-secret-drug-database-to-light/2019/08/02/  
3bc594ce-b3d4-11e9-951e-de024209545d\_story.html.

- Bono JD, Crawford SY (2010) Impact of medicare part d on independent and chain community pharmacies in rural illinois—a qualitative study. *Research in Social and Administrative Pharmacy* 6(2):110–120.
- Broadbuss M, Bailey P, Aron-Dine A (2018) Medicaid expansion dramatically increased coverage for people with opioid-use disorders, latest data show. *Center on Budget and Policy Priorities* .
- Brooks JM, Doucette WR, Wan S, Klepser DG (2008) Retail pharmacy market structure and performance. *INQUIRY: The Journal of Health Care Organization, Provision, and Financing* 45(1):75–88.
- Büyükkaramikli NC, Gürler Ü, Alp O (2014) Coordinated logistics: joint replenishment with capacitated transportation for a supply chain. *Production and Operations Management* 23(1):110–126.
- Cachon GP, Zipkin PH (1999) Competitive and cooperative inventory policies in a two-stage supply chain. *Management science* 45(7):936–953.
- Case A, Deaton A (2017) Mortality and morbidity in the 21st century. *Brookings papers on economic activity* 2017(1):397–476.
- Chatfield DC, Kim JG, Harrison TP, Hayya JC (2004) The bullwhip effect—impact of stochastic lead time, information quality, and information sharing: a simulation study. *Production and operations management* 13(4):340–353.
- Clark DJ, Schumacher MA (2017) America’s opioid epidemic: supply and demand considerations. *Anesthesia & Analgesia* 125(5):1667–1674.
- Dabora MC, Turaga N, Schulman KA (2017) Financing and distribution of pharmaceuticals in the united states. *Jama* 318(1):21–22.
- Doucette WR, Brooks JM, Sorofman BA, Wong H (1999) Market factors and the availability of community pharmacies. *Clinical therapeutics* 21(7):1267–1279.
- Doucette WR, Kreling DH, Schommer JC, Gaither CA, Mott DA, Pedersen CA (2006) Evaluation of community pharmacy service mix: evidence from the 2004 national pharmacist workforce study. *Journal of the American Pharmacists Association* 46(3):348–355.
- Doucette WR, Rippe JJ, Gaither CA, Kreling DH, Mott DA, Schommer JC (2017) Influences on the frequency and type of community pharmacy services. *Journal of the American Pharmacists Association* 57(1):72–76.
- Fairbairn N, Coffin PO, Walley AY (2017) Naloxone for heroin, prescription opioid, and illicitly made fentanyl overdoses: challenges and innovations responding to a dynamic epidemic. *International Journal of Drug Policy* 46:172–179.
- Gao L (2015) Collaborative forecasting, inventory hedging and contract coordination in dynamic supply risk management. *European Journal of Operational Research* 245(1):133–145.

- Ghertner R, Groves L (2018) The opioid crisis and economic opportunity: geographic and economic trends. *ASPE Research Brief* 1–22.
- Gilbert M, Dasgupta N (2017) Silicon to syringe: Cryptomarkets and disruptive innovation in opioid supply chains. *International Journal of Drug Policy* 46:160–167.
- Higham S, Horwitz S, Rich S (2019) Internal drug company emails show indifference to opioid epidemic. *The Washington Post* URL [https://www.washingtonpost.com/investigations/internal-drug-company-emails-show-indifference-to-opioid-epidemic-ship-ship-ship/2019/07/19/003d58f6-a993-11e9-a3a6-ab670962db05\\_story.html](https://www.washingtonpost.com/investigations/internal-drug-company-emails-show-indifference-to-opioid-epidemic-ship-ship-ship/2019/07/19/003d58f6-a993-11e9-a3a6-ab670962db05_story.html).
- Hollingsworth A, Ruhm CJ, Simon K (2017) Macroeconomic conditions and opioid abuse. *Journal of health economics* 56:222–233.
- Horwitz S, Higham S, Bennett D, Kornfield M (2019) Inside the opioid industry's marketing machine. *The Washington Post* URL <https://www.washingtonpost.com/graphics/2019/investigations/opioid-marketing/>.
- Kuehn BM (2007) Opioid prescriptions soar. *Jama* 297(3):249–251.
- Levitt MFB (2017) *A Prescription for Success in Pharmaceuticals: Transforming a Startup Into a Profitable, Cash Producing Enterprise* (Lulu Press, Inc).
- Lucyk SN, Nelson LS (2017) Toxiconsurveillance in the us opioid epidemic. *The International journal on drug policy* 46:168.
- Masoumi AH, Yu M, Nagurney A (2012) A supply chain generalized network oligopoly model for pharmaceuticals under brand differentiation and perishability. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 48(4):762–780.
- Narayana SA, Pati RK, Vrat P (2014) Managerial research on the pharmaceutical supply chain—a critical review and some insights for future directions. *Journal of Purchasing and Supply Management* 20(1):18–40.
- Nguyen TD, Bradford WD, Simon KI (2019) Pharmaceutical payments to physicians may increase prescribing for opioids. *Addiction* 114(6):1051–1059.
- Rowland C (2019) Prescription opioids destroyed families. now, victims worry addiction stigma may keep them from getting justice. *The Washington Post* URL [https://www.washingtonpost.com/business/economy/prescription-opioids-destroyed-families-now-victims-worry-addiction-stigma-may-keep-them-from-getting-justice/2019/12/02/02f51c9e-0642-11ea-b17d-8b867891d39d\\_story.html](https://www.washingtonpost.com/business/economy/prescription-opioids-destroyed-families-now-victims-worry-addiction-stigma-may-keep-them-from-getting-justice/2019/12/02/02f51c9e-0642-11ea-b17d-8b867891d39d_story.html).
- Saloner B, Bandara S, Bachhuber M, Barry CL (2017) Insurance coverage and treatment use under the affordable care act among adults with mental and substance use disorders. *Psychiatric services* 68(6):542–548.
- Schommer JC, Yusuf AA, Hadsall RS (2014) Market dynamics of community pharmacies in minnesota, us from 1992 through 2012. *Research in Social and Administrative Pharmacy* 10(1):217–231.

- Shah N (2004) Pharmaceutical supply chains: key issues and strategies for optimisation. *Computers & chemical engineering* 28(6-7):929–941.
- Tempelmeier H, Bantel O (2015) Integrated optimization of safety stock and transportation capacity. *European Journal of Operational Research* 247(1):101–112.
- Whoriskey P (2020) How johnson johnson companies used a ‘super poppy’ to make narcotics for america’s most abused opioid pills. *The Washington Post* URL <https://www.washingtonpost.com/graphics/2020/business/opioid-crisis-johnson-and-johnson-tasmania-poppy/>.
- Winegar AL, Shepherd MD, Lawson KA, Richards KM (2009) Comparison of the claim percent gross margin earned by texas community independent pharmacies for dual-eligible beneficiary claims before and after medicare part d. *Journal of the American Pharmacists Association* 49(5):617–622.
- Zhou C, Yu NN, Losby JL (2018) The association between local economic conditions and opioid prescriptions among disabled medicare beneficiaries. *Medical care* 56(1):62.