第一章

跌倒流行病学

本章重点阐述老年人跌倒流行病学。基于回顾性研究，本章将详细介绍老年人跌倒发病率、跌倒发生地点以及跌倒的不良后果。此外还呈现了跌倒和相关损伤的治疗和管理及必需费用。在讨论上述问题之前，首先简要讨论老年人跌倒的 4 个基本概念：老年人、跌倒、跌倒记录、跌倒损伤。

第一节　跌倒概述

世界卫生组织的数据表明，在 65 岁及以上的人群中，跌倒是致命和非致命意外伤害的主要原因，占所有与伤害相关的死亡人数的 40%，占所有受伤入院人数的 80% 以上。在这一年龄组中，18% ~ 40% 的急诊就诊者以跌倒为主诉，髋部骨折占受伤的比例很高。跌倒也是住院老年患者最常见的不良临床事件，占英国成人患者安全事件报告的 32%。在 75 岁及以上的人群中（尤其是女性），跌倒属于疾病和伤害负担背后的主要原因。本节主要介绍跌倒相关概念，包括老年人、跌倒、跌倒记录以及跌倒损伤的定义。

一、老年人的定义

关于老年人的定义各种研究说法不一致，最常用的定义是 65 岁及以上的人。在这个年龄范围内，通常分为的亚组是 65 ~ 74 岁、75 ~ 84 岁、85 岁及以上的老年人。

二、跌倒的定义

跌倒的标准化定义对于测量跌倒程度的流行病学和干预研究，以及对于结果测量的一致性和比较极其必要。虽然“跌倒”的含义看起来很直观，但老年人、健康专家和研究人员可以用不同的方式解释跌倒。

此外，尽管文献中有各种不同的定义，但最广泛接受的定义是无意中停在地面、地板或较低的水平上。该定义不包括故意改变位置，使其停留在家具上，或靠在墙（或其他结构）上（世界卫生组织，2007 年）。

关于跌倒定义的发展，根据 1987 年 Kellogg 老年人防跌倒国际工作组的定义，跌倒为“无意中摔倒在地或某个较低的地方，而不是由于遭受猛烈打击、意识丧失、突然脑卒中无力或癫痫发作而造成”。此后基本沿袭这个或相似的定义。Kellogg 的定义适用于识别损害感觉运动功能和平衡控制因素的研究；而广义的跌倒定义包括头晕和意识丧失在内，适用于由于心血管或神经系统疾病引起跌倒的研究。

2005 年，欧洲预防跌倒协会与该领域的国际专家一起，达成统一意见，采用了一个更简单的跌倒定义，该定义将所有原因引起的跌倒都包括在内：人们非故意改变体位，倒在地面、地板或更低的平面上。世界卫生组织也采用了该定义，这个简单的定义适用于需要核心数据集的多中心研究，不需要记录跌倒细节，或者受试者不能提供跌倒相关可靠信息，如谵妄或认知功能障碍者。虽然跌倒通常被称为意外事件，但统计表明跌倒的发生率不符合 Poisson 分布。这意味着跌倒与因果过程有关，不仅仅是简单的随机事件。

三、跌倒记录

最早关于跌倒的研究在设计上基本属于回顾性研究，研究者询问受试者在一定的时间内是否跌倒以及跌倒的次数，如最近 1 年内是否跌倒以及跌倒的次数。这种方法有局限性，因为受试者会存在回忆偏倚，导致数据不够准确。最近的前瞻性研究表明，对受试者随访一段时间以更准确地确定跌倒的发生率，随访时间通常是 12 个月。意料之中的是受试者跌倒发生率更高。在社区研究中，确定跌倒唯一可行的方法是通过自我报告，并且已经使用了许多种方法来记录预期随访期间的跌倒。这包括每个月或每两个月寄出问卷调查，每周或每个月绘制跌倒一览表和每个月进行电话随访。然而，研究人员在收集跌倒数据时面临着几个问题，包括自我报告的准确性和以往跌倒的回顾，以及对“跌倒”的不同理解。根据召回期的长短，跌倒可能会被遗忘。跌倒往往是不知情和未报告的，甚至老年人报告跌倒可能会受到抑制，包括尴尬、认为跌倒会被视为老龄化的标志，以及害怕后果，例如失去独立性或机构化风险等。由于工作人员的时间压力、责任感及其他因素被认为是导致报告不足的原因，机构环境中的跌倒数据质量也可能有问题。

专家共识建议受试者应使用每日记录以及通知系统记录跌倒的方式，每个月至少报告一次。研究者应使用电话或面对面随访来追踪丢失的数据，并以此来确

定跌倒和受伤的更多细节信息。可以通过跌倒记录表格上的附加问题获得关于任何跌倒情况的具体信息。表 1-1 统计一个月的跌倒记录，表 1-2 统计关于跌倒情况的附加问题。电话随访获得的信息与邮寄问卷和跌倒记录相同，但可能需要多次电话频繁地联系老年人。在研究中，跌倒数据应可以总结为跌倒次数；跌倒者 vs. 非跌倒者 vs. 频繁跌倒者的数量和人均年跌倒率。国外也有研究综述总结，跌倒数据主要通过 3 种方法收集：①使用电话访谈、面对面访谈或邮寄问卷的回顾性报告系统；②使用明信片、日历或日记的预期报告系统；③常规监测系统或卫生保健记录摘要。

表 1–1　每月跌倒记录示例

日	一	二	三	四	五	六
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31		

表 1–2　跌倒相关信息记录示例

如果你没有跌倒，请在这里停下，否则请继续		
1. 你在哪里跌倒了？		
家中：		
在一个平面上	是 □	不是 □
起床时	是 □	不是 □
起身站立时	是 □	不是 □
使用淋浴 / 浴缸	是 □	不是 □
上厕所时	是 □	不是 □
上下楼梯时	是 □	不是 □
家门口或花园里：		
上下台阶 / 楼梯	是 □	不是 □
在一个平面上（如路上）	是 □	不是 □
花园里	是 □	不是 □
在外边：		
人行道上	是 □	不是 □

续表

在路边石 / 排水沟上	是 ☐	不是 ☐
在公共建筑里	是 ☐	不是 ☐
下车时	是 ☐	不是 ☐
在别人的家里	是 ☐	不是 ☐
上面没有描述的跌倒（请具体说明）：		
2. 你是怎么跌倒的？（可以勾选多个）		
我绊倒了 ☐		
我滑倒了 ☐		
我失去了平衡 ☐		
我的腿没劲了 ☐		
我晕倒了 ☐		
我感到头晕 ☐		
我不太确定 ☐		
3. 跌倒让你遭受了任何伤害吗？ 是 ☐ 否 ☐		
4. 如果是，您遭受了哪种类型的伤害？		
挫伤 ☐		
切割伤 / 擦伤 ☐		
手腕骨折 ☐		
髋部骨折 ☐		
肋骨骨折 ☐		
后背痛 ☐		

注：非常感谢你的合作，请使用随附的信封将表格寄回给我们。

如上所述，即使采用最严密的报告方法，也很有可能存在跌倒报告信息不足、跌倒漏报的现象，而且关于跌倒周围环境的数据有时统计不完整或不准确。跌倒后，老年人通常会感到惊恐和痛苦，因而可能不记得跌倒的诱发因素。否认跌倒也是漏报的一个因素，因为老年人常把跌倒归咎于外部因素，而不把它算作真正的跌倒原因。直接的遗忘会导致进一步的报告不足，尤其是患有认知功能障碍的人。为了避免上述问题导致的数据不准确性，最近人们开发了跌倒检测设备，并使用加速度计等可穿戴设备在临床环境中监测跌倒情况。然而，这种方法不适合大规模人口监测。

在养老院，护理人员使用的跌倒记录簿可以提高跌倒记录的准确性，从而为

跌倒记录提供一种辅助方法。在一项对悉尼中等规模养老院的研究中，研究人员发现护士系统记录的跌倒次数增加了 32%。现在医院对于跌倒事件都普遍地记录报告。

需要制定策略通过提高老年人对报告价值的认识来增加对跌倒的报告，例如早期发现风险和实施战略以减少未来的风险。还需要健康专业倡议，鼓励每年不少于一次询问所有老年人是否跌倒过（美国老年医学会、英国老年医学会和美国矫形外科学会跌倒预防小组）。就事件报告的目的和此类报告对预防未来跌倒的有用性向机构工作人员提供培训，可能会改进事件报告实践。部分跌倒直到受伤和残疾发生后才被发现。跌倒导致受伤更可能记录在管理数据集中，如医院记录和机构事故报告。

人们的受伤经历被描述为一个金字塔。顶点表示死亡病例的数量相对较少，金字塔较宽、较低的部分表示严重程度较低的损伤数量较多。损伤数据可用性与病例严重程度成正比，也就是说，人们对相对较少的伤害死亡人数了解得相当多，对住院病例了解得较少，对既没有死亡也没有住院的病例了解得更少。只有不到一半的跌倒事件会被报告给医务人员，在发生跌倒且不需要治疗的情况下，这一报告比例可能会低得多。目前，由于多种原因，很难获得与跌倒相关的骨折数据。许多研究使用大型政府数据库，主要记录住院患者，并由治疗少数低能量骨折的一级创伤中心提供。在英国，骨折流行病学研究通常使用临床实践研究数据，数据库中全科医生在其中记录诊断。然而，它仅覆盖 6.9% 的人口，在最近一项急诊科的骨折诊断研究中，急诊部工作人员做出的诊断中有 25% 是错误的。研究者分析表明，53.2% 的跌倒相关骨折是在门诊治疗的，这些记录往往比较差。

四、跌倒损伤

不同文献对跌倒损伤的定义大有不同，主要是对一些损伤，如割伤和擦伤等轻伤是否被归类为跌倒损伤存在争议。专家共识建议：由于在统一跌倒损伤类型的定义和分类方面的困难，严重跌倒损伤的最严格定义是放射学上确定存在骨折，包括四肢和四肢长骨骨折等。

第二节 跌倒的流行病学

一、老年人跌倒发生率

目前，在大多数发达国家，以及许多发展中国家，老年人（尤其是高龄老人）的数量和比例正在迅速上升。虽然 2008 年大多数发达国家 65 岁及以上人口的百分比为 13% ~ 21%，但目前 65 岁及以上人口中有 62% 生活在发展中国家，因为缺乏资源，老年人的健康可能被忽视。虽然跌倒可发生在任何年龄段，甚至发生在健康人身上，但跌倒的风险随着年龄的增长而增加。

1977 年，Exton-Smith 调查了居住在英国的 963 名 65 岁以上老人的跌倒发生率。研究发现，女性随着年龄的增长，跌倒发生率从 65 ~ 69 岁年龄组的 30% 上升到 85 岁以上年龄组的 50% 以上。男性跌倒发生率从 65 ~ 69 岁年龄组的 13% 上升到 80 岁及以上年龄组的 30% 左右。

自 Exton-Smith 的工作以来，主要在白色人种中进行的回顾性社区研究报告了类似的发现，大约 30% 的老年人每年经历一次或多次跌倒。Campbell 等分析了 533 名年龄在 65 岁及以上的人群样本，发现 33% 的人在过去的一年经历过一次或多次跌倒。Blake 等在一项对 1042 名年龄在 65 岁及以上的受试者的研究中，报告了类似的发生率（为 35%）。在一项对 2793 名年龄在 65 岁及以上的受试者进行的大型研究中，Prudham 和 Grimley-Evans 估计每年意外跌倒的发生率为 28%，这一数字与澳大利亚 Dubbo 骨质疏松症流行病学研究中发现的 1762 名年龄在 60 岁及以上的老年人跌倒的数据相同。

最近在社区环境中进行的前瞻性研究发现，社区环境中跌倒发生率更高。澳大利亚学者 Randwick 在对跌倒和骨折研究中发现，341 名 65 岁及以上的社区女性中有 39% 在一年的随访期内发生一次或多次跌倒；新西兰学者 Campbell 等对 761 名 70 岁及以上的受试者进行的一项大型研究发现，465 名女性中的 40% 和 296 名男性中的 28% 至少在一年内跌倒一次，总发生率为 35%；美国学者 Tinetti 等针对 336 名 75 岁及以上受试者的研究发现，一次或多次跌倒的发生率为 32%；O'Loughlin 等在一项为期 48 周的前瞻性随机抽样研究中，报告了加拿大 65 岁及以上的 409 名社区居民跌倒发生率为 29%；Luukinen 等报告了在芬兰多中心研究的 70 岁及以上的 833 名社区居民跌倒发生率为 30%。

65 岁以后，跌倒发生率也会增加。图 1-1 显示了参与 Randwick 跌倒和骨折研

究的女性中，在 12 个月内报告跌倒一次、两次或三次或更多次的比例。

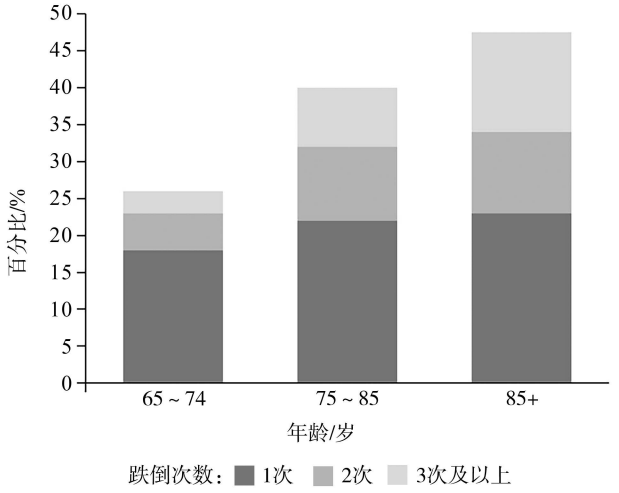

图 1–1 年龄分层的老年人跌倒比例

报道多次或反复跌倒发生率的前瞻性研究也是一致的。五项研究报道随访年内两次或两次以上跌倒的发生率为 11% ~ 21%，平均发生率为 15%。三项研究报道三次或三次以上跌倒的数据，发生率均为 8%。

非白种人老年人跌倒发生率的精确数据较少。Aoyaga 等研究了日本 1534 名（624 名男性，910 名女性）65 岁及以上的社区居民的跌倒情况，发现只有 9% 的男性和 19% 的女性在过去一年中报告过一次或多次跌倒。日本进行的其他七项大型社区研究中也发现了类似的低发生率。作为夏威夷骨质疏松症研究的一部分，Davis 等前瞻性地评估了居住在夏威夷的日本老年男女的跌倒发生率：男性的跌倒发生率为 13.9/100（人・年），女性为 27.6/100（人・年），约为以白人为主的可比研究中跌倒发生率的一半。

Davis 等在随后的一项研究中，试图确认可以解释跌倒率差异的神经肌肉功能指标和功能障碍情况。他们发现日本女性的行走速度更快，站立更稳，在一系列平衡测试中表现更好。另外，白种人女性力量更大，尤其是股四头肌，手脚反应时间更快。在对神经肌肉测试结果和功能障碍数量进行调整后，跌倒风险的优势比基本保持不变。日本女性在日常生活活动中直接转化功能性力量和平衡测试中表现更好，这可能可以解释为什么她们摔倒的风险更低。

最后，Ellis 和 Trent 比较了 1995—1997 年在加州非联邦医院住院的来自四个主要种族 / 民族的 104 902 人的跌倒风险及其后果。白种人（161 人）每 100 000

人的跌倒损伤住院率明显高于黑种人（64 人）、西班牙裔（43 人）和亚洲 / 太平洋岛民（35 人）。白种人也更有可能遭受骨折并接受长期护理，这意味着更差的结果和更严重的损伤。不同的骨密度水平、医疗保险和家庭支持可能是在这些群体之间观察到差异的原因。

二、跌倒频率的季节性变化

环境温度可能会导致跌倒发生率的季节性变化。寒冷的天气里，人们往往会更加匆忙、轻度体温过低并且反应迟缓。同样，冬天白天时间更短，维生素 D 缺乏的可能性更大，可能导致肌肉骨骼力量较夏季弱，所以人们往往不太活跃。如图 1-2 所示，意外跌倒造成的死亡似乎有季节性变化，图 1-2 显示了 1993—1997 年英格兰和威尔士老年人跌倒的月发生率。

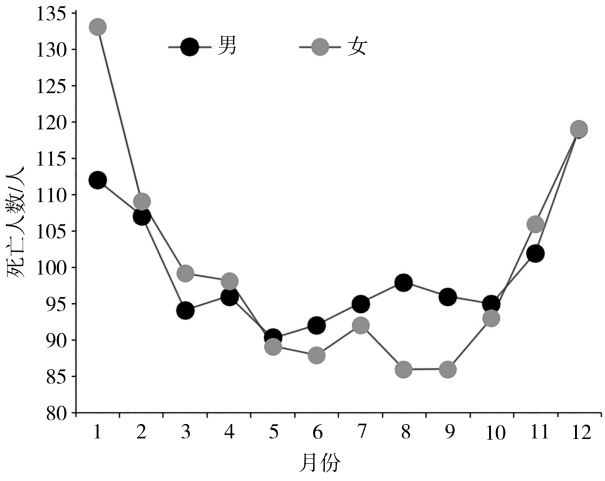

图 1–2　意外跌落死亡 – 年化月比率（1993—1997 年）

Luukinen 等在芬兰的一项研究中发现极度严寒的时期户外跌倒的发生率更高。然而，室内跌倒和温度之间没有联系，他们认为这是因为室内温度足够高。英国的一项类似研究发现，除了地面霜冻，主要天气条件和髋部骨折的发生率之间没有明显的联系。因此，季节性变化对跌倒损伤流行病学的确切影响并不明确。

三、跌倒损伤的时间趋势

有两项研究检查了日常收集的跌倒损伤数据，作为评估跌倒发生率长时间趋势的一种手段。在芬兰，Kannus 等分析了国家医院出院登记的数据，发现 1970—1995 年，因跌倒而受伤的老年人数量增加，其速度不能简单地用人口结构变化来

解释。女性的年龄标准化发生率增加了 127%（从 1970 年的 648 人增加到 1995 年的 1469 人），男性增加了 124%（从 1970 年的 434 人增加到 1995 年的 972 人）。澳大利亚维多利亚州和南澳大利亚也对跌倒住院率的长期变化进行了研究。1988—1997 年，年龄标准化跌倒的住院率显著上升——维多利亚州上升了 32%，南澳大利亚州上升了 5%。这种增加可能部分解释了在几个西方国家报告的常见的髋部和其他骨折长期增加的原因。

发展中国家许多地区缺乏关于跌倒的流行病学数据，因此发达国家更容易获得国家层面关于跌倒率时间趋势的汇总数据。美国的数据显示，1993—2003 年，65 岁或 65 岁以上人群的死亡率总体上升。尽管髋部骨折的住院率有所下降，但在 2001—2005 年，跌倒造成的非致命性损伤的总体比率没有统计意义。加拿大报告说，1997—2002 年，由跌倒而导致的死亡人数显著增加，1998—2003 年老年人与跌倒相关的住院治疗保持稳定。在澳大利亚，1997—2005 年，65 岁及以上人群的死亡率下降了 13%，而 1999—2006 年，男性和女性住院跌伤病例的年龄标准化相对比率分别以每年 2.5%（男性）和 1.1%（女性）的速度增长。

四、跌倒的原因

老年人跌倒的原因有很多，主要可以分为两大类：外在因素和内在因素。环境危害（外在因素）与年龄和共病（内在因素）之间的相互作用累积影响增加了跌倒风险。75 岁以下人群的跌倒更可能与外在因素有关，而 80 岁及以上人群的内在因素更为重要。有研究总结了 12 项关于生活在各种环境中的老年人跌倒的最大回顾性研究的数据。其中，“意外”或与环境相关是最常见跌倒原因主诉，占 30% ~ 50%。然而，许多跌倒实际上是由于可识别的环境危害与个人因年龄和疾病的累积影响而增加的危险易感性之间的相互作用。与年轻人相比，老年人的步态更僵硬、协调性更低、风险性更高。姿势控制、身体定向反射、肌肉力量和张力以及步态高度所有这些都会随着年龄的增长而下降，并削弱在意外绊倒或滑倒后避免摔倒的能力。老年人滑倒后保持平衡的“策略”从快速纠正的“髋部策略”（通过髋部重心转移避免跌倒）转变为“阶梯策略”（快速踏步避免跌倒）。

步态问题和虚弱是另外一个常见的导致跌倒的特定诱因，这种因素占比为 10% ~ 25%。行走能力通常取决于几个生物力学组件，包括关节的自由活动度，尤其是腿部；肌肉动作的适当时机；适当的肌肉动作强度；以及正常的感觉输入，包括视觉、本体感觉和前庭系统。步态和平衡问题有多种病因，许多治疗方法都可能有效。易于识别的步态问题对 20% ~ 40% 的 65 岁以上人群及 40% ~ 50% 的

85 岁以上人群的功能产生不利影响，其中约一半的问题是严重的。在一项大型纵向研究中，10% 的人需要帮助才能穿过房间，20% 的人在没有帮助的情况下无法爬楼梯，40% 的人无法走 0.8 km。步态问题可能源于步态和平衡方面与年龄有关的简单变化，也可能源于神经、肌肉、骨骼、循环和呼吸系统的特定功能障碍，或者源于一段时间的不活动后的简单适应。

据报道，跌倒的另一个主要原因是头晕，这是老年人极为常见的症状。然而，它是一种非特异性症状，可能反映出心血管疾病、换气过度、直立、药物不良反应、焦虑或抑郁等多种问题。直立性低血压的相关问题（定义为卧姿和站立之间收缩压下降超过 20 mmHg）在居家的“正常”老年人中的患病率为 10% ~ 30%。它可能由多种因素引起，包括自主神经功能障碍（通常与年龄、糖尿病或脑损伤有关）、低血容量、低心排血量、帕金森病、代谢和内分泌紊乱以及药物（尤其是镇静剂、抗高血压药和抗抑郁药）。因为长时间卧床后压力感受器反应减弱，早晨站立位下减弱得更加明显。然而，这是一个较不常见的跌倒原因，可能是因为大多数患有该综合征的人已经习惯了跌倒，会更加注重预防，并且能够在跌倒前找到座位或进行调整。

跌倒发作是指在没有意识丧失或头晕的情况下突然摔倒。患者通常会突然出现腿部无力，有时是头部突然移动所致。这种虚弱通常是暂时的，但可以持续数小时。这种综合征可归因于短暂性椎 – 基底动脉供血不足，尽管它可能由多种机制引起，包括腿部无力和膝关节不稳定。跌倒的其他具体原因包括中枢神经系统紊乱、认知缺陷、视力不良、药物副作用、饮酒、贫血、甲状腺功能减退、关节不稳定、足部问题、严重骨质疏松症伴自发性骨折和急性疾病等。由于大多数老年人有多种可识别的易导致跌倒的危险因素，确切的原因往往很难确定。

由于跌倒的单一特定原因往往无法确定，而且跌倒通常是多因素引起的，因此许多研究人员进行了前瞻性和回顾性流行病学研究，以确定导致个人跌倒可能性增加的特定风险因素。在许多方面，识别跌倒的风险因素比回顾性地对特定诱发原因进行分类要有用得多。前瞻性数据不仅可能比事后图表审查得出的数据更准确，而且通过及早识别风险因素，可以设计和制定最有效的预防策略。这些风险因素中最重要的是肌肉无力以及步态和平衡问题。肌肉无力在老年人中极为常见，主要是由于疾病和缺乏活动，而非衰老本身。病例对照研究表明，步态和肌肉功能障碍患者跌倒和骨折的风险显著增加。步态和平衡功能的简单筛查测试有助于识别风险。精神活性药物在许多研究中也被确定为跌倒的风险因素，尽管它们的相对风险通常在 1.5 ~ 1.7 范围内，略低于其他因素。

第三节　不同跌倒人群的流行病学

一、住在老年护理机构的人

在养老院中开展的关于跌倒发生率的研究发现，报告的跌倒频率远远高于住在自己家里的人。例如，Luukinen 等估算，在芬兰 70 岁及以上的人当中，寄宿被照料人群的跌倒率比在社区中独立生活的人高 3 倍。

在养老院进行的前瞻性研究发现，12 个月的跌倒发生率为 30% ~ 56%。在一项早期研究中，Fernie 等发现，901 名流动疗养院居民中有 40% 在 6 个月内跌倒了两次或两次以上，Yip 等发现，126 名疗养院居民中有 56% 一年至少跌倒一次。

另外两项研究综合计算了养老院的跌倒发生率。Rubenstein 等总结了五项已发表和两项未发表的关于长期护理机构跌倒发生率的研究结果，计算出每张床的发生率为 60% ~ 290%，平均每人每年跌倒发生率或发生次数为 170% 或 1.7 次。Thapa 等在 12 家养老院进行了为期 12 个月的前瞻性研究，涉及 1228 名居民。他们报告，在 1003 人年的随访中，548 名居民跌倒了 1585 次。

住在中级医疗护理机构的居民跌倒发生率也很高。笔者发现一次或多次跌倒的年发生率为 52%，两次或多次跌倒的年发生率为 39%。Tinetti 等还发现，连续入住中级护理机构的 79 人跌倒发生率很高，32% 的人在 3 个月内跌倒两次或更多次。

在老年人骨折风险流行病学研究中，对来自 26 家养老院和 17 家中级护理机构的 1000 名居民分别进行了平均 15 个月的随访，以确定跌倒的风险因素。在此期间，621 名居民至少跌倒一次，214 人仅跌倒一次，102 人跌倒两次，77 人跌倒三次，55 人跌倒四次，173 人跌倒五次或更多次。总共有 2554 次跌倒（5.45 次跌倒 /1000 个住院日），其中 786 次跌倒（30.9%）导致受伤。有趣的是，在这一组居民中，身体机能和跌倒之间存在非线性关联，与养老院居住者（58%）相比，中级护理机构居住者（65%）的跌倒发生率明显更高。

两项研究调查了退休疗养院居民的跌倒发生率：Liu 等发现，96 名居民在 12 个月期间出现了相对较高的跌倒比例，发生率为 61%。在一项检查集体锻炼对跌倒发生率影响的随机对照试验中发现，在为期一年的试验中，研究对照组中 199 名独居生活的居民中有 44% 有一次或多次跌倒，这一比率与年龄相似（年龄范围 62 ~ 92 岁，平均 77 岁）的社区居民相似。然而，实际上，跌倒和跌倒相关伤害

的发生率因环境和人群社区环境而异。研究设计、研究人群特征以及跌倒数据确定和报告方法的差异使得研究比较困难。

二、特殊群体

曾经跌倒过的老年人再次跌倒的风险会增加。Nevitt 等在一项前瞻性研究中针对过去一年里有过跌倒的 325 名社区居民进行调查，发现 57% 的人在 12 个月的随访期内经历过至少一次跌倒，31% 的人经历过两次或更多次跌倒。Northridge 等报道，当社区居民被分为体弱的和精力充沛的两类时，体弱的人跌倒发生率可能性是精力充沛的人的两倍以上。不出所料的是，跌倒更普遍发生在身体虚弱的老年人、日常生活活动有困难的人以及身体状况影响姿势、平衡和步态的人。同样，Speechley 等报道，在一年的预期内，身体虚弱的组跌倒发生率为 52%，相比之下，身体强壮的组发生率只有 17%。

医院急诊科经常遇到跌倒患者。Close 等发现，在急诊科就诊的 65 岁及以上的患者中，有 20% 的人因跌倒来诊。当老年人住院时，也经常发生跌倒。住院时间相对较短的综合医院的跌倒发生率约为 2%，而在老年病房的跌倒发生率为 27%。

Mahoney 等发现，14% 的老年患者在治愈疾病出院后的第一个月内发生跌倒，以脑卒中、帕金森病和截肢患者的跌倒率较高。Forster 等发现，73% 的老年卒中患者在出院后 6 个月内发生跌倒；Jorgensen 等也提出证据表明，这一群体的跌倒发生率很高。他们发现在 111 名长期脑卒中的社区居民中，有 23% 的人在 4 个月内发生一次或多次跌倒，这个比例是相同年龄和性别的 143 名对照组的两倍。也有研究报道了隐源性帕金森病社区居民的年跌倒发生率超过 60%。帕金森病患者容易出现频繁跌倒，13% 的人称每周不止一次跌倒。老年人下肢截肢后跌倒的发生率也很高，Kulkarni 等发现，58% 的单侧截肢患者在接受调查前的 12 个月内至少有一次跌倒。

Whitney 等发现，在一项对 247 名前庭病变患者（平均年龄 63 岁）6 个月的回顾性研究中，跌倒的发生率为 37%。更有趣的是，报告中年龄小于 65 岁的受试者比 65 岁及以上的受试者出现更多次的跌倒。在另外一项研究中，Herdman 等测量了 24 ~ 89 岁的单侧（$n = 70$）和双侧（$n = 45$）前庭功能减退患者的跌倒发生率，这项前庭功能测试证实了这一点。在单侧前庭功能丧失的患者中，跌倒发生率与社区的普通老年人群的预计值基本相同，然而在双侧前庭功能丧失的人群中，65 ~ 74 岁人群的跌倒发生率为 51%，而 75 岁及以上人群的跌倒发生率仅为 18%。这些研究表明，在已确诊的前庭功能疾病患者中，跌倒的发生率并不是特别

高，尽管这种疾病对平衡系统有显著影响。这可能是因为有前庭功能损伤的人似乎意识到他们明显的不平衡，并采取适当的保护措施。Whitney 等也认为，患有前庭功能疾病的老年人跌倒发生率较低，这可能由于他们减少了部分冒险行为有关。

Tinetti 等报道了 24 名认知障碍社区居民的 12 个月跌倒发生率为 67%。Van Di jk 发现 71 名老年痴呆症养老院居民的 12 个月跌倒发生率为 85%。Shaw 等在最近一项随机对照试验中发现，随机分配到常规护理对照组的 114 名受试者中 80% 的人在一年的预期内跌倒，该试验旨在检查认知障碍和痴呆的老年人在意外跌倒预防应对的有效性。这些高发生率似乎是准确的估计，因为在许多前瞻性研究中发现认知障碍是跌倒的一个强有力的独立风险因素（见第三章）。

关节炎和糖尿病患者的跌倒发生率也明显增加。最近有一项研究对 684 名 75 ~ 98 岁的社区居民进行了统计，其中 283 人报告患有下肢骨关节炎。过去的一年共有 137 名关节炎受试者跌倒，跌倒发生率为 48.4%，相比之下，157 名无关节炎受试者跌倒，发生率为 39.2%，性别调整后的相对危险度为 1.22，95% 可信区间为 1.03 ~ 1.46。患有关节炎的受试者比没有关节炎的受试者报告的跌倒损伤更大（33.2% *vs.* 25.9%）。一项前瞻性队列研究包括 9249 名年龄在 67 岁及以上的女性，其中 629 名（6.8%）患有糖尿病，包括 99 名使用胰岛素的女性。在平均 7.2 年的时间里，1640 名女性（18%）一年中跌倒一次以上。非糖尿病患者的跌倒率最低（17%），非胰岛素治疗糖尿病患者的跌倒率居中（26%），胰岛素治疗糖尿病患者的跌倒率最高（34%）。患有糖尿病的女性跌倒的风险增加，部分原因是已知的跌倒风险因素增加，如下肢感觉异常和平衡障碍。

三、跌倒地点

对于居住在社区的老年人来说，大约 56% 的跌倒发生在室外（花园、街道、人行道或商店等），剩下的约 44% 发生在家里其他地方（图 1-3）。室内跌倒主要发生在卧室、起居区或厨房等常用房间中，其次为发生在浴室、楼梯或梯子和凳子上。虽然一部分跌倒涉及环境危险因素，如地毯松散或地板湿滑，但大多不涉及明显的环境危险因素。其余跌倒地点发生在公共场所，通常报告的公共场所跌倒的环境危害是路面裂缝、排水沟、台阶、建筑工程、路缘石、不平地面和光滑表面，尤其是冰雪可能导致滑倒的地方。在急诊和住院老年护理环境中，流动患者比非流动患者更容易发生跌倒相关损伤。大多数跌倒发生在患者房间，通常是坐在床上，或在转移过程中。养老机构中约 15% 的跌倒与环境危害有关。

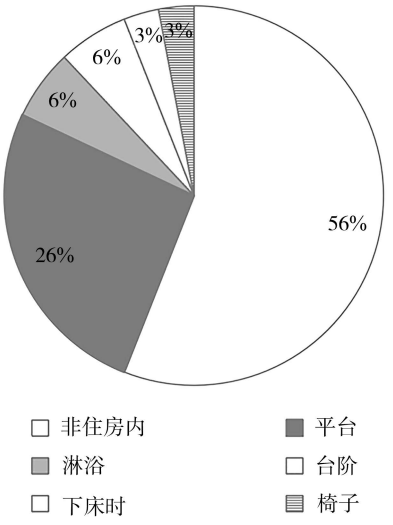

图 1–3　跌倒的地点

跌倒的地点与年龄、性别和体质有关。在社区居住的老年妇女中，在室外发生的跌倒次数随着年龄的增长而减少，而在室内发生在地面上的跌倒次数相应增加（图 1-4）。Campbell 等发现，在室内跌倒的男性比女性少（44% vs. 65%），在室外跌倒的男性更多（25% vs. 11%）。此外，关于一天中跌倒的好发时间段，大多数跌倒发生在早上或下午，这是活动最为活跃的时候，只有大约 20% 人群发生在晚上 9 点至早上 7 点之间。

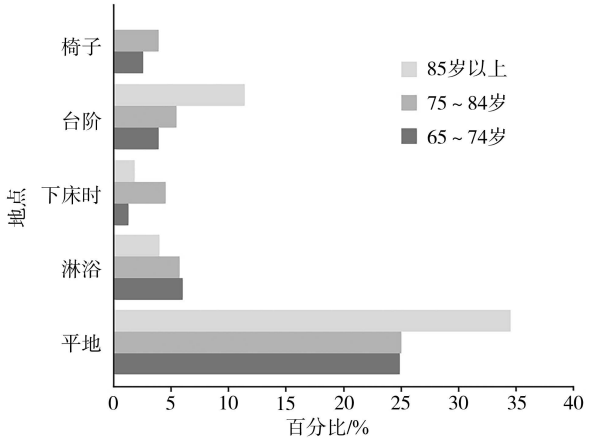

图 1–4　不同年龄室内跌倒地点

第四节 跌倒的后果与经济负担

一、跌倒的后果

在流行病学研究中，总结跌倒结果的最常见方法包括：①报告一次或多次跌倒（通常为两次或多次）的人数；②跌倒次数；③下降率；④跌倒具体时间。重点可能是摔伤或需要医疗护理。在计算比率时，跌倒与跌倒相关伤害的数量是分子，而分母可以是处于危险中的人数或单位时间内的床位（患者）天数。例如，澳大利亚卫生保健系统安全和质量指标的年度国家报告要求，对医院和老年护理机构中导致患者伤害的跌倒进行测量。分子是跌倒导致伤害的院内跌倒人员次数，分母是医院住院人员总数。

虽然跌倒发生在任何年龄段，甚至发生在健康人身上，但跌倒的风险随着年龄的增长而增加，其后果更为显著。我们需要关注的不仅仅是老年人跌倒的高发病率，而是高发病率和易受伤性的结合。虽然大多数摔倒不会造成严重伤害，但 10% ~ 15% 的摔倒会导致严重伤害，包括骨折和头部受伤。据估计，0.2% ~ 1.5% 的跌倒会导致髋部骨折，就发病率和死亡率而言，髋部骨折是跌倒最严重的后果之一。跌倒也是外伤性脑损伤的最常见原因，占老年人致命跌倒的 46%。

跌倒是 65 岁及以上人群受伤相关住院的主要原因，占急诊入院人数的 14% 和该年龄组所有住院人数的 4%。随着年龄的增长，跌倒相关入院的发生率呈指数级上升：65 岁以后，因跌倒而入院的人群比率呈指数上升，65 ~ 85 岁的男性和女性的跌倒发生率增长了 9 倍（图 1-5）。

根据所研究的人群，每年有 30% ~ 60% 的老年人跌倒，其中 10% ~ 20% 会导致受伤、住院或死亡。具体分析表明，22% ~ 60% 的老年人跌倒受伤，10% ~ 15% 的老年人严重受伤，2% ~ 6% 的老年人骨折，0.2% ~ 1.5% 的老年人髋部骨折。最常见的自我报告损伤包括表面割伤和擦伤、瘀伤和扭伤。最常见的需要住院治疗的损伤为骨折，主要包括髋部骨折、骨盆骨折、其他腿部骨折、桡骨、尺骨和肱骨骨折以及颈部和脊柱骨折。

就发生率和死亡率而言，最严重的跌倒相关损伤之一是髋部骨折。老年人髋部骨折通常恢复较慢，并且容易出现术后并发症。在许多情况下，髋部骨折会导致死亡，而幸存者很多都无法恢复完全的活动能力。Marottoli 等分析了一项为期 6 年的队列研究（$n = 120$）发现，骨折前 86% 的人可以独立穿衣，75% 的人可以

独立行走，63% 的人可以爬楼梯，骨折 6 个月后该比例明显下降，分别为 49%、15% 和 8%。

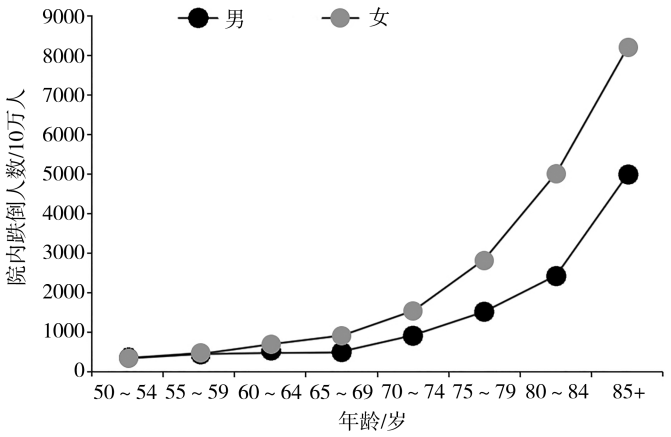

图 1–5　根据年龄和性别划分的跌倒住院人数

跌倒的另一个后果是“长时间躺在地上”，跌倒后在地面或地板上停留一个多小时。“长时间躺在地上”是衰老、疾病和社会关系孤独的标志，与老年人的高死亡率相关。在地板上度过的时间与跌倒后恐惧、肌肉损伤、肺炎、压疮、脱水和体温过低有关。Wild 等发现，躺在地板上一个小时或更长时间的人有一半会在 6 个月内死亡，即使跌倒没有造成直接的损伤。Vellas 等发现，超过 20% 因跌倒而入院的患者在地上躺了一个小时或更长时间。Tinetti 等发现，多达 47% 的跌倒未受伤者在没有帮助的情况下无法从地板上爬起来。

除了身体伤害外，跌倒还会对老年人产生其他严重后果。跌倒后焦虑综合征（害怕跌倒）被认为是跌倒的负面后果。由此产生的自我强加的活动限制和对安全行走能力的信心丧失会导致进一步的功能衰退、抑郁、无助感和社会孤立，所有这些都会影响感知健康和生活质量。同时，这也可能会使个人再次跌倒的风险更高。除了认知障碍和尿失禁外，反复跌倒和不稳定也是提前入住疗养院的常见诱因。由于丧失继续独立生活的能力会产生不利影响，因此跌倒和与跌倒相关的伤害会严重威胁生活质量。总而言之，跌倒会导致活动受限、跌倒恐惧、生活质量下降、失去独立能力。

Kiel 等在一项对 5093 名老年人的研究中发现，在克服年龄、性别、自身健康状况和日常生活活动的原有困难后，跌倒者报告日常生活活动以及日常生活使用工具活动的困难风险更大，这种情况尤其是经常跌倒的人。Tinetti 等在一项涉及

957 名 71 岁以上的社区居民的研究中发现了类似的联系。他们发现，在对潜在的混杂因素进行调整后，在 3 年的预期内，非损伤性和损伤性跌倒都与日常生活的基本活动和使用工具活动下降有关。此外，那些遭受两次或更多次非损伤性跌倒的人社会活动减少，而那些遭受一次或更多次损伤性跌倒的人身体活动水平会进一步降低。“跌倒后综合征”为跌倒后导致对跌倒的过度恐惧，主要表现为失去信心、犹豫不决、一动不动，从而丧失行动能力和独立能力。有报道表明，跌倒后，许多老年人表示害怕跌倒和由于害怕进一步跌倒而减少活动。跌倒还会导致残疾和行动能力下降，这通常会导致跌倒者对他人的依赖，需要住院治疗的可能性增加。

二、跌倒的经济成本

老年人跌倒很常见，可致残、长时间住院或死亡，因此跌倒构成巨大的医疗经济成本。跌倒相关费用可包括直接费用，如医生出诊、急诊就诊、疗养院护理、门诊、康复住院、检查诊断、药物治疗、家庭护理、家庭改造、设备和住院护理产生的费用；间接成本包括护工和患者的发病或死亡产生的费用。

跌倒产生的成本分为两个方面。直接成本包括医疗保健成本，如治疗和康复中的药物和医疗服务提供者咨询。间接成本是个人和家庭照顾者活动的社会生产力损失。许多研究强调了跌倒相关伤害可造成医疗体系的巨大经济负担。对国际研究的系统审查表明，与跌倒相关的成本占北美洲、澳大利亚、欧洲和英国等国家和地区的医疗保健总支出的 0.85% ~ 1.5%，相当于国内生产总值的 0.07% ~ 0.20%。每位跌倒患者和每位跌倒相关住院患者的平均费用从 2044 美元到 25 955 美元不等。

有学者已经估计了跌倒损伤的医院费用评估值以及占卫生预算的比例。1989 年，提交给美国国会的一份报告中，Rice 等计算出 1985 年跌倒损伤的医院费用将近 100 亿美元，即美国人一生受伤费用的 6% 可归因于老年人的跌倒。此外，跌倒损伤相关费用占老年人所有伤病费用的 70%。1985 年每个受伤者的费用为 4226 美元，几乎是所有年龄组每个受伤者平均费用的两倍。Englander 等预测 1994 年跌倒的总成本为 202 亿美元，每个受伤者的成本为 7399 美元。研究者进一步将这些数据外推至 2020 年，并估计跌倒损伤的成本将上升至 324 亿美元。

1999 年英国的一项研究发现英国政府因意外跌倒而付出的总成本接近 10 亿英镑。住院费用占总费用的近一半（49.4%），是主要的费用支出。长期护理费用居第二位，占 41%，主要是在 75 岁及以上的人群中。

两份报告研究了澳大利亚目前和预计的跌倒损伤成本。一份报告检查所有损伤类别，研究发现跌倒损伤是所有损伤中花费最高的。1998—1999 年度报告，跌

倒造成的直接费用总计为 3.33 亿澳元，主要包括住院、救护车、急诊、非医院医疗保健、非医院联合医疗保健以及非医院药品费用。这占所有意外损伤类别的直接成本的 62.8%，11 种最常见损伤类别的直接损伤成本如图 1-6 所示。

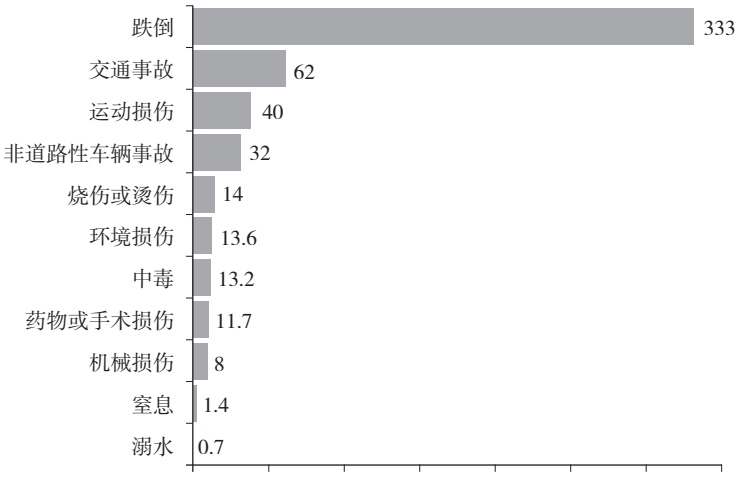

图 1–6　11 种最常见损伤类别的直接损伤成本

第二份报告发现，由于越来越多的老年人因跌倒受伤，澳大利亚人口的老龄化将对澳大利亚的卫生系统产生重大影响。到 2051 年，如果特定年龄的跌倒率保持不变，跌倒损伤造成的总健康成本将是目前水平的 3 倍，达到每年 13.75 亿澳元。由于需求增加，将需要增加约 886 000 个医院住院日，这相当于 2500 个永久用于跌倒损伤治疗的额外病床，还需要增加 3320 个疗养院。该报告得出结论，为了在此期间保持成本均等，预防策略需要将跌倒发生率降低约 66%。

有研究针对 578 名 75 岁及以上的社区居民进行了个体损伤性跌倒成本分析。每年确定跌倒损伤的住院治疗、救护车使用、急诊科就诊、非医院医疗保健、非医院联合医疗保健以及非医院药物和检查诊断的费用。此外，调研有关自付费用的信息，包括修复破损的眼镜、购买非处方止痛剂、在家中安装安全围栏以及购买绷带和其他伤口护理用品。在 12 个月的监测期内，275 名受试者跌倒了 534 次，其中 225 名跌倒需要医疗护理。其中，不需要去医院就诊的跌倒平均费用为 205 澳元，需要去医院急诊科就诊的跌倒平均费用为 1040 澳元，这包括 420 澳元的住院费用和 620 澳元的出院后费用。需要住院的跌倒平均费用为每人 12 300 澳元，包括 10 000 澳元的住院费用和 2300 澳元的住院后费用。总的来说，医院费用占跌倒总费用的 67%。

三、结论

全世界范围内，老年人跌倒是一个公共卫生问题。尽管在上述研究中使用了不同的跌倒确定方法，但报道的发生率非常相似。居住在社区的老年人中大约 1/3 的每年至少跌倒一次，其中许多人多次跌倒。有证据表明，在过去的一二十年里，跌倒发生率一直在上升。老年社区女性（40%）的跌倒率高于男性（28%），并且随着年龄超过 65 岁跌倒率均继续上升。居住在疗养院、护理机构和养老院的人，以及患有影响肌肉力量、平衡和步态的特殊疾病的人跌倒发生率也逐年增加。在社区老年人中，大约 50% 的跌倒发生在家中，50% 发生在公共场所。在 65 岁及以上人群中，跌倒占住院人数的 4%，占损伤相关死亡人数的 40%，占总死亡人数的 1%。跌倒造成的主要严重损伤包括手腕、骨盆和髋部骨折，还可导致残疾、活动受限和跌倒恐惧，这些会降低跌倒人群的生活质量和独立能力，并导致老年人住进疗养院。由于跌倒损伤需要包括住院治疗在内的医疗治疗，因此跌倒需要支出大量医疗保健资源。为了预防跌倒，必须进行实践，这需要考虑老年人及其照顾者的观点、偏好和经验。为了提高被采纳的可能性，研究者应强调注重促进健康和保持独立相关的积极信息。尽管有实践指导方针，但是在将最佳实践跌倒预防策略运用到卫生服务中，以减少老年人跌倒对公共卫生的影响方面，在许多层面仍存在相当大的挑战。

参考文献

[1] Montero-Odasso M, Van Der Velde N, Martin F C, et al. World guidelines for falls prevention and management for older adults: a global initiative [J]. Age Ageing, 2022, 51(9):1-36.

[2] Montero-Odasso M, Van Der Velde N, Alexander N B, et al. New horizons in falls prevention and management for older adults: a global initiative [J]. Age Ageing, 2021, 50(5): 1499-1507.

[3] Kamide N, Shiba Y, Sakamoto M, et al. Fall-related efficacy is a useful and independent index to detect fall risk in Japanese community-dwelling older people: a 1-year longitudinal study [J]. BMC Geriatr, 2019, 19(1): 293.

[4] Jehu D A, Davis J C, Falck R S, et al. Risk factors for recurrent falls in older adults: A systematic review with meta-analysis [J]. Maturitas, 2021, 144: 23-28.

[5] Ganz D A, Latham N K. Prevention of Falls in Community-Dwelling Older Adults [J]. N Engl J Med, 2020, 382(8): 734-743.

[6] Sherrington C, Fairhall N, Wallbank G, et al. Exercise for preventing falls in older people living in the community: an abridged Cochrane systematic review [J]. Br J Sports Med, 2020, 54(15): 885-

891.

[7] Umegaki H, Makino T, Uemura K, et al. Falls in community-dwelling prefrail older adults [J]. Health Soc Care Community, 2020, 28(1): 110-115.

[8] Sherrington C, Fairhall N J, Wallbank G K, et al. Exercise for preventing falls in older people living in the community [J]. Cochrane Database Syst Rev, 2019, 1(1): Cd012424.

[9] Wang M, Wu F, Callisaya M L, et al. Incidence and circumstances of falls among middle-aged women: a cohort study [J]. Osteoporos Int, 2021, 32(3): 505-513.

[10] Hagiya H, Koyama T, Zamami Y, et al. Fall-related mortality trends in older Japanese adults aged ≥65 years: a nationwide observational study [J]. BMJ Open, 2019, 9(12): e033462.

[11] Castaldo A, Giordano A, Antonelli Incalzi R, et al. Risk factors associated with accidental falls among Italian nursing home residents: A longitudinal study (FRAILS) [J]. Geriatr Nurs, 2020, 41(2): 75-80.

[12] Anderson L K, Lane K. Characteristics of falls and recurrent falls in residents of an aging in place community: A case-control study [J]. Appl Nurs Res, 2020, 51: 151190.

[13] Shaw B H, Borrel D, Sabbaghan K, et al. Relationships between orthostatic hypotension, frailty, falling and mortality in elderly care home residents [J]. BMC Geriatr, 2019, 19(1): 80.

[14] Hamza S A, Adly N N, Abdelrahman E E, et al. The relation between falls and medication use among elderly in assisted living facilities [J]. Pharmacoepidemiol Drug Saf, 2019, 28(6): 849-856.

[15] Hohtari-Kivimäki U, Salminen M, Vahlberg T, et al. Orthostatic Hypotension is a Risk Factor for Falls Among Older Adults: 3-Year Follow-Up [J]. J Am Med Dir Assoc, 2021, 22(11): 2325-2330.

[16] Duckham R L, Tait J L, Nowson C A, et al. Strategies and challenges associated with recruiting retirement village communities and residents into a group exercise intervention [J]. BMC Med Res Methodol, 2018, 18(1): 173.

[17] Chittrakul J, Siviroj P, Sungkarat S, et al. Multi-System Physical Exercise Intervention for Fall Prevention and Quality of Life in Pre-Frail Older Adults: A Randomized Controlled Trial [J]. Int J Environ Res Public Health, 2020, 17(9): 3120.

[18] Arrieta H, Rezola-Pardo C, Gil S M, et al. Effects of Multicomponent Exercise on Frailty in Long-Term Nursing Homes: A Randomized Controlled Trial [J]. J Am Geriatr Soc, 2019, 67(6): 1145-1151.

[19] Francis-Coad J, Hill A M, Jacques A, et al. Association Between Characteristics of Injurious Falls and Fall Preventive Interventions in Acute Medical and Surgical Units [J]. J Gerontol A Biol Sci Med Sci, 2020, 75(10): e152-e158.

[20] Silva S O, Barbosa J B, Lemos T, et al. Agreement and predictive performance of fall risk assessment methods and factors associated with falls in hospitalized older adults: A longitudinal study [J]. Geriatr Nurs, 2023, 49: 109-114.

[21] Vlaeyen E, Poels J, Colemonts U, et al. Predicting Falls in Nursing Homes: A Prospective Multicenter Cohort Study Comparing Fall History, Staff Clinical Judgment, the Care Home Falls

Screen, and the Fall Risk Classification Algorithm [J]. J Am Med Dir Assoc, 2021, 22(2): 380-387.

[22] Long S, Hu L, Luo Y, et al. Incidence and risk factors of falls in older adults after discharge: A prospective study [J]. Int J Nurs Sci, 2023, 10(1): 23-29.

[23] Rider J V, Longhurst J K, Navalta J W, et al. Fear of Falling Avoidance Behavior in Parkinson's Disease: Most Frequently Avoided Activities [J]. OTJR (Thorofare N J), 2023, 43(2): 228-236.

[24] Ashburn A, Pickering R, Mcintosh E, et al. Exercise- and strategy-based physiotherapy-delivered intervention for preventing repeat falls in people with Parkinson's: the PDSAFE RCT [J]. Health Technol Assess, 2019, 23(36): 1-150.

[25] Allen N E, Canning C G, Almeida L R S, et al. Interventions for preventing falls in Parkinson's disease [J]. Cochrane Database Syst Rev, 2022, 6(6): Cd011574.

[26] Knox P J, Coyle P C, Pugliese J M, et al. Hip osteoarthritis signs and symptoms are associated with increased fall risk among community-dwelling older adults with chronic low back pain: a prospective study [J]. Arthritis Res Ther, 2021, 23(1): 71.

[27] Byun M, Kim J, Kim M. Physical and Psychological Factors Affecting Falls in Older Patients with Arthritis [J]. Int J Environ Res Public Health, 2020, 17(3): 1098.

[28] Wu H, Mach J, Le Couteur D G, et al. Fall-related mortality trends in Australia and the United Kingdom: Implications for research and practice [J]. Maturitas, 2020, 142: 68-72.

[29] Zhang K, Qi J, Zuo P, et al. The mortality trends of falls among the elderly adults in the mainland of China, 2013-2020: A population-based study through the National Disease Surveillance Points system [J]. Lancet Reg Health West Pac, 2022, 19: 100336.

[30] Moreland B, Kakara R, Henry A. Trends in Nonfatal Falls and Fall-Related Injuries Among Adults Aged ≥65 Years - United States, 2012-2018 [J]. MMWR Morb Mortal Wkly Rep, 2020, 69(27): 875-881.

[31] Ek S, Rizzuto D, Xu W, et al. Predictors for functional decline after an injurious fall: a population-based cohort study [J]. Aging Clin Exp Res, 2021, 33(8): 2183-2190.

[32] Subramanian M S, Singh V, Chatterjee P, et al. Prevalence and predictors of falls in a health-seeking older population: An outpatient-based study [J]. Aging Med (Milton), 2020, 3(1): 25-31.

[33] Reilev M, Lundby C, Jensen J, et al. Morbidity and mortality among older people admitted to nursing home [J]. Age Ageing, 2019, 49(1): 67-73.

[34] Mitchell R, Ting H P, Draper B, et al. Frailty and risk of re-hospitalisation and mortality for aged care residents following a fall injury hospitalisation [J]. Australas J Ageing, 2021, 40(1): e44-e53.

[35] Mikos M, Trybulska A, Czerw A. Falls - the socio-economic and medical aspects important for developing prevention and treatment strategies [J]. Ann Agric Environ Med, 2021, 28(3): 391-396.

[36] Winser S J, Chan H T F, Ho L, et al. Dosage for cost-effective exercise-based falls prevention programs for older people: A systematic review of economic evaluations [J]. Ann Phys Rehabil Med, 2020, 63(1): 69-80.

[37] Peng K, Tian M, Andersen M, et al. Incidence, risk factors and economic burden of fall-related injuries in older Chinese people: a systematic review [J]. Inj Prev, 2019, 25(1): 4-12.

[38] Kwon J, Squires H, Franklin M, et al. Economic models of community-based falls prevention: a systematic review with subsequent commissioning and methodological recommendations [J]. BMC Health Serv Res, 2022, 22(1): 316.

[39] Drew J A R, Xu D. Trends in Fatal and Nonfatal Injuries Among Older Americans, 2004-2017 [J]. Am J Prev Med, 2020, 59(1): 3-11.

[40] Kwon J, Squires H, Young T. Economic model of community-based falls prevention: seeking methodological solutions in evaluating the efficiency and equity of UK guideline recommendations [J]. BMC Geriatr, 2023, 23(1): 187.