1990—2021年中国归因于高BMI的骨关节炎疾病负担分析及预测研究

乔利春[1,2]　范翔宇[2]　万　萍[2]　史绍腾[2]　王良佳[2]　汪天健[2]　王　军[1△]　韩　晶[2△]

【提　要】 目的　了解1990—2021年中国归因于BMI的骨关节炎疾病负担，并预测2022—2035年疾病负担趋势，为骨关节炎制定有效的干预措施提供科学依据。**方法**　基于2021年全球疾病负担数据库，分析中国总体、不同性别和年龄段归因于高BMI的骨关节炎疾病负担情况。因素分解分析量化流行病学改变、人口增长以及老龄化对疾病负担的贡献情况。贝叶斯年龄-时期-队列模型预测2022—2035年疾病负担趋势。**结果**　1990—2021年，中国总体归因于高BMI的骨关节炎的疾病负担呈现上升趋势，伤残调整寿命年（disability-adjusted life years，DALYs）数和年龄标化DALYs率增幅达372.51%（95% *CI*：329.77~424.77）和93.13%（95% *CI*：75.02~114.10）。女性骨关节炎疾病负担受高BMI影响的程度高于男性。男女性归因DALYs数和率分别在55~59岁和65~69岁年龄段达到峰值。因素分解分析结果表明，流行病学改变和人口增长是中国归因于高BMI的骨关节炎疾病负担上升的驱动因素，占比达82.97%，其次为人口老龄化。预计到2035年，中国总体和不同性别归因于高BMI的骨关节炎的疾病负担将持续上升。**结论**　中国归因于高BMI的骨关节炎疾病负担呈现逐渐升高的趋势，且年龄和性别差异明显。未来应加强对肥胖等危险因素的防控，并针对女性和重点年龄群体实施相应的防治措施。

【关键词】 骨关节炎　BMI　疾病负担　分解分析　贝叶斯年龄-时期-队列预测分析
【中图分类号】 R684　　**【文献标志码】** A　　**DOI** 10.11783/j.issn.1002-3674.2026.04.010

骨关节炎（osteoarthritis）是一种最常见的退行性关节疾病，主要累及软骨、滑膜、软骨下骨、半月板等关节组织，多发于膝关节、髋关节、手关节及脊柱关节等部位[1]，导致关节疼痛、僵硬和功能障碍。由于人口老龄化加剧、久坐的生活方式以及肥胖率上升等风险因素，骨关节炎的发病率逐年上升，已成为全球范围内影响人们生活质量以及生理心理健康的重要问题[2-4]，而且给社会和医疗系统带来了巨大的经济负担。骨关节炎的发病因素较多，与性别、年龄、肥胖、创伤、遗传因素以及环境因素等有关[1,5]。目前，高BMI已被广泛认可为骨关节炎的重要危险因素，肥胖不仅能增加关节的机械负荷，还能通过脂质堆积及脂肪因子诱导全身低度慢性炎症而破坏软骨组织，从而导致骨关节疾病的发生及加重[6]。因此，控制体重是预防和管理骨关节炎的重要策略。近年来，随着中国经济的快速发展和生活方式的改变，肥胖率逐年上升，BMI成为影响骨关节炎发病率的重要因素之一。

本研究基于GBD 2021数据库，旨在对1990—2021年中国归因于高BMI的骨关节炎的疾病负担情况及其变化趋势进行分析，同时量化流行病学改变、人口增长以及老龄化对于疾病负担的贡献情况，并利用贝叶斯年龄-时期-队列（Bayesian age-period-cohort，BAPC）模型预测2022—2035年疾病负担趋势，可以为制定有效的干预措施提供科学依据，从而降低骨关节炎的疾病负担，提高人们的生活质量。

数据与方法

1. 数据来源

本研究所用数据来源于GBD 2021数据库，该数据库报告了1990—2021年204个国家和地区的371种疾病和88种危险因素所致疾病的发病率、患病率、死亡率、伤残调整寿命年（disability-adjusted life years，DALYs）等指标[7]。通过访问健康指标与评估研究所网站（https://www. healthdata. org），获取1990—2021年中国总体、不同性别及年龄段归因于高BMI的骨关节炎的疾病负担相关数据，包括DALYs数、粗率以及年龄标准化率。

2. 疾病分类和危险因素

GBD 2021根据《国际疾病分类第10版》将骨关节炎分为手关节炎、髋关节炎、膝关节炎、其他部位关节炎[8]。髋关节和膝关节骨性关节炎被定义为有症状的骨性关节炎，经影像学证实为Kellgren-Lawrence 2~4级。其中，2级为关节存在明确的骨赘，3级为多发性骨赘和关节间隙狭窄，4级包括骨畸形和3级标准。有症状的骨关节炎需要在过去12个月内至少有一个月报告疼痛[8]。高BMI是GBD 2021中膝关节和髋关节骨关节炎的危险因素，被定义为BMI≥25kg/m^2[8-9]。

3. 贝叶斯年龄-时期-队列模型预测

构建BAPC模型用于预测分析2022—2035年归因于高BMI的骨关节炎疾病负担趋势。该模型使用集成嵌套拉普拉斯近似（integrated nested Laplace approximation，INLA）进行完整的贝叶斯推理。计算

1.西安交通大学附属红会医院（710054）
2.西安交通大学医学部公共卫生学院
△通信作者：王军，E-mail：jackey_886@163. com；韩晶，E-mail：bbbishop@126. com

公式如下[10]：

$$\log(\lambda_{ij}) = \alpha + \mu_i + \beta_j + \gamma_k$$

该模型中，$i(1 \leqslant i \leqslant I)$表示时间点，$j(1 \leqslant j \leqslant J)$表示年龄组，$\alpha$表示截距，$\mu_i$表示年龄效应，$\beta_j$表示时间效应，$\gamma_k$表示队列效应。

4. 统计分析

本研究使用R 4.4.1软件对疾病负担数据进行分析和可视化处理。高BMI所致骨关节炎疾病负担通过DALYs数和年龄标准化DALYs率及其95%不确定区间（uncertain interval，UI）表示。通过计算百分变化及其95%置信区间，比较1990和2021年高BMI所致骨关节炎疾病负担。同时，计算估计年百分比变化（estimated annual percentage changes，EAPC）及其95% *CI*反映过去32年归因标化DALYs率的时间趋势。分解分析用于量化流行病学改变、人口增长以及老龄化对于疾病负担的贡献情况。

结　果

1. 疾病负担总体情况及变化趋势

1990—2021年间，中国总体、男性和女性归因于高BMI的骨关节炎的疾病负担呈现不同程度的增长，且女性高于男性。从1990年至2021年，中国归因于高BMI的骨关节炎的DALYs数从246468.73（95% *UI*：−20130.69~727780.59）增长至1164587.77（95% *UI*：−104718.16~3297087.97），增幅达372.51%（95% *CI*：329.77~424.77）。其中，男女性的增幅分别为354.60%（95% *CI*：313.87~405.41）和382.06%（95% *CI*：336.15~441.63）。此外，中国总体标化DALYs率从27.43/10万（95% *UI*：−2.22~81.50）增长至52.98/10万（95% *UI*：−4.73~150.74），增幅为93.13%（95% *CI*：75.02~114.10），EAPC为2.48（95% *CI*：2.35~2.62）。男女性标化DALYs率的增幅近似，分别为92.41%（95% *CI*：73.36~113.89）和92.44%（95% *CI*：73.95~115.05），见表1和图1。

表1　1990年和2021年中国归因于高BMI的骨关节炎疾病负担及其变化

类目	DALYs数（95% *UI*）		百分变化（%）（95% *CI*）	年龄标化DALYs率/10万（95% *UI*）		百分变化（%）（95% *CI*）	EAPC（95% *CI*）
	1990年	2021年		1990年	2021年		
总体	246468.73（−20130.69~727780.59）	1164587.77（−104718.16~3297087.97）	372.51（329.77~424.77）	27.43（−2.22~81.50）	52.98（−4.73~150.74）	93.13（75.02~114.10）	2.48（2.35~2.62）
男性	85733.96（−7091.46~252442.45）	389747.62（−34134.55~1114560.90）	354.60（313.87~405.41）	18.78（−1.54~55.93）	36.14（−3.14~103.75）	92.41（73.36~113.89）	2.47（2.32~2.61）
女性	160734.77（−13040.44~472273.43）	774840.15（−70583.61~2182527.08）	382.06（336.15~441.63）	35.96（−2.90~105.91）	69.20（−6.28~195.48）	92.44（73.95~115.05）	2.47（2.34~2.60）

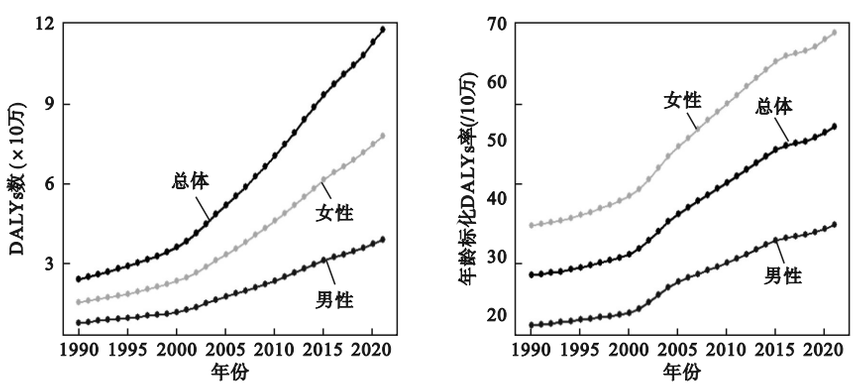


图1　1990—2021年中国归因于高BMI的骨关节炎的疾病负担变化趋势

2. 不同年龄疾病负担

2021年中国不同性别归因于高BMI的骨关节炎的DALYs数随着年龄的增长在55~59岁达到第一个峰值（最高值）后下降，随后上升并在65~69岁达到第二个峰值后逐渐下降。从性别分布来看，不同年龄段女性的归因DALYs数均高于男性。具体而言，男女性归因DALYs数的最高值分别为73696.01（95%*UI*：−6840.48~204305.69）和144011.69（95%*UI*：−13801.68~392619.15）。2021年，女性归因于高BMI的骨关节炎的DALYs率随着年龄的增长而逐渐升高，在65~69岁达到峰值，即301.44/10万（95%*UI*：−27.85~880.84）。然而，男性归因DALYs率随年龄增长呈波动变化趋势，分别在65~69岁、75~79岁和85~89岁达到峰值，同样在65~69岁达到最高值，即147.79/10万（95%*UI*：−12.74~443.68），见图2。

3. 因素分解分析

因素分解分析结果表明，1990—2021年中国归因于高BMI的骨关节炎DALYs的增长主要由流行病学改变和人口增长引起，其次为人口老龄化。流行病学改变、人口增长和人口老龄化对中国归因于高BMI的

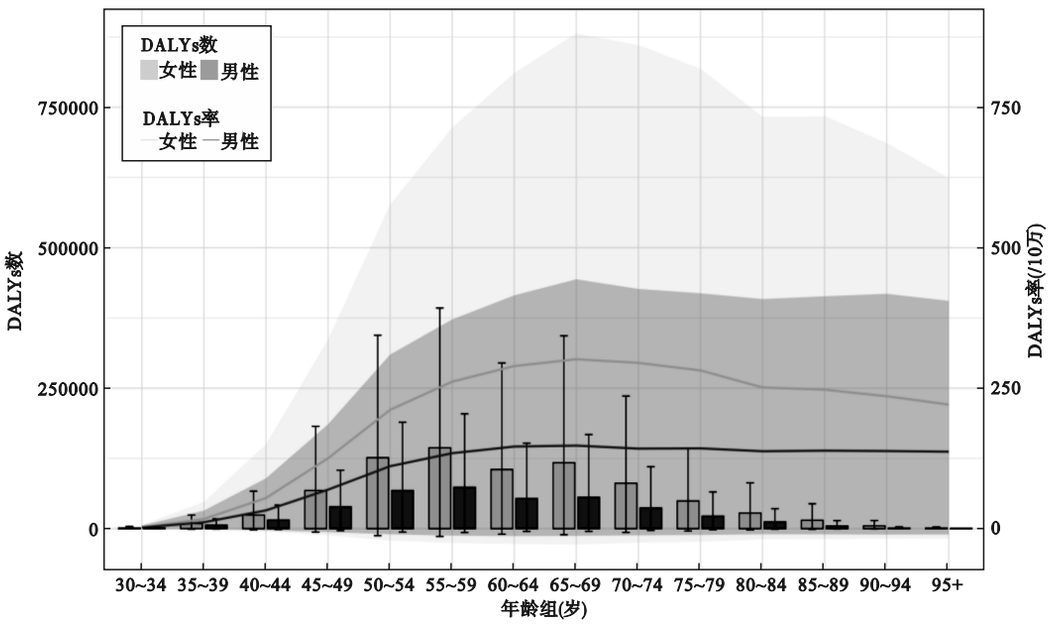


图 2　2021 年中国不同性别和年龄段归因于高 BMI 的骨关节炎疾病负担

骨关节炎的 DALYs 的贡献分别为 385680.47（42.01%）、376020.26（40.96%）和 156418.32（17.04%）。相比之下，流行病学改变对男性 DALYs 的贡献比例略高于女性，为 42.73% 和 41.28%，而人口增长对男性 DALYs 的贡献比例略低于女性，为 40.35% 和 42.04%。此外，人口老龄化对男性和女性 DALYs 的贡献比例分别为 16.92% 和 16.68%，见图 3。

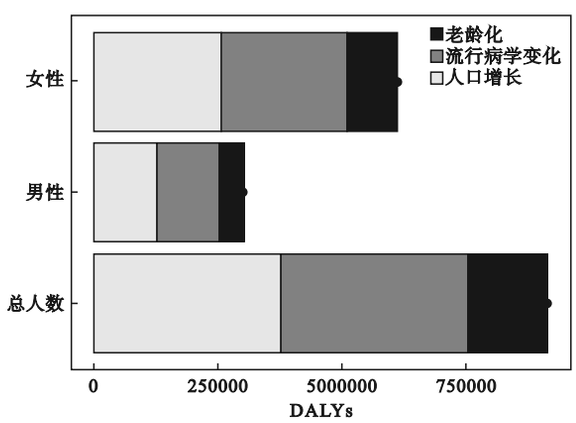


图 3　1990—2021 年中国归因于高 BMI 的骨关节炎疾病负担的分解分析效应图

4. 疾病负担预测

BAPC 模型预测结果显示，2022—2035 年我国总体、男性和女性归因于高 BMI 的骨关节炎的疾病负担呈上升趋势。预计 2035 年中国总体、男性和女性归因 DALYs 数分别为 1906736.63（95%*UI*：1128685.13~2684788.13）、629542.09（95%*UI*：322986.24~936097.94）和 1277194.54（95%*UI*：805698.89~1748690.19），较 2022 年上升 63.73%、61.53% 和 64.83%。2035 年中国总体、男性和女性归因标化 DALYs 率将升高至 69.37/10 万（95%*UI*：40.96~97.78）、46.66/10 万（95%*UI*：24.78~68.53）和 87.98/10 万（95%*UI*：56.52~119.44），较 2022 年上升 30.94%、29.11% 和 27.15%，见图 4。

讨　论

近年来，超重和肥胖人群的患病率呈持续上升趋势，超重肥胖也成为多种慢性病的重要危险因素。肥胖已成为我国重大公共卫生问题，是我国第六大致死致残主要危险因素[11]。骨关节炎是一种常见的慢性退行性疾病，致残率较高，造成了严重疾病和经济负担。高 BMI 是全球疾病负担数据库中包含的骨关节炎的唯一的代谢风险因素[4]。然而，目前关于我国高 BMI 致骨关节炎疾病负担的研究相对较少。

本研究基于 GBD 2021 数据库，强调和分析了中国归因于高 BMI 的骨关节炎疾病负担情况。与 1990 年相比，2021 年中国因高 BMI 引起的骨关节炎疾病负担显著增加，DALYs 数和标化 DALYs 率分别升高了 372.51% 和 93.13%，表明我国面临严重的骨关节炎疾病负担。上述趋势与我国居民超重和肥胖率的上升密切相关[12]，提示我们在公共卫生政策中应更加关注肥胖的防控。既往研究表明，肥胖个体的关节软骨负荷会发生改变，BMI 与下肢关节负荷呈正相关，肥胖能够促进促炎脂肪因子的产生[13-17]。脂质堆积和脂肪因子能够通过诱导全身低度慢性炎症破坏软骨，从而促使骨关节炎的发生[6]。

不同性别归因于高 BMI 的骨关节炎疾病负担的长期变化趋势相似，但女性疾病负担明显高于男性，与以前的研究结果一致[18-19]，提示女性患者需要更多的关注和治疗。女性在生理结构、激素水平以及生活方式等方面与男性存在显著差异。雌激素在骨骼健

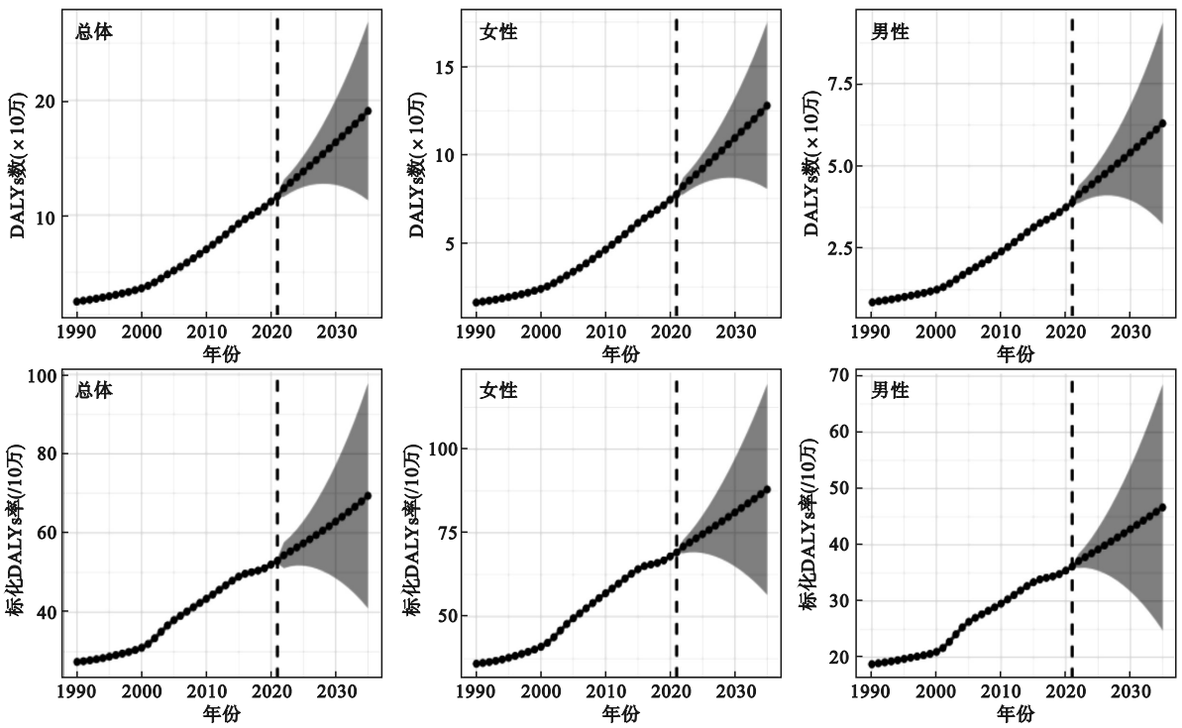


图4 2022—2035年中国归因于高BMI的骨关节炎疾病负担预测

康中起着重要作用，能够调控骨骼的生长代谢与组织稳态，绝经后女性体内雌激素水平缺乏引起皮下脂肪组织中游离脂肪酸储存，能够增加骨关节炎导致的疼痛[20-21]。相比于男性，女性通常更易积累体脂且皮下脂肪较多，这会增加膝关节的负荷和冲击，而且在脂肪堆积过程中可能会出现更强的炎症[22-23]。上述研究提示，针对女性群体的干预措施应更加细致入微，包括提高公众对女性肥胖与骨关节炎关系的认识，鼓励健康生活方式的推广以及提供适合女性的运动和饮食指导。

本研究中，中国不同性别归因于高BMI的骨关节炎DALYs均在65～69岁年龄段的骨关节炎负担达到了峰值，强调了老年群体在骨关节炎防控中的重要性。研究表明，随着老年人肥胖的增加，肥大的脂肪细胞在关节中积累与关节的局部炎症反应有关[24]。而且，老年人软骨细胞的端粒变短，可能与老年人的软骨细胞更容易受到外部压力和衰老的影响有关[25]。随着人口老龄化加剧，老年人群体的健康问题将更加突出。因此，针对老年人的健康管理和骨关节炎的早期筛查应成为未来医疗服务的重要组成部分。

因素分解分析表明，流行病学改变和人口增长是导致骨关节炎疾病负担上升的主要因素，合计占比高达82.97%。随着人均寿命的延长，老年人口比例增加，骨关节炎的发病率也会随之上升。同时，现代生活中久坐不动的生活方式、肥胖，以及缺乏锻炼等因素都可能导致骨关节炎的患病率增加。此外，生育率下降与老龄化，直接影响到骨关节炎的发病模式。这提示我们在制定公共卫生策略时，需要综合考虑人口结构变化及其对疾病负担的影响。针对高BMI的干预措施应结合流行病学特征的变化，制定相应的健康促进政策。

基于本研究的发现，未来的干预措施应重点关注以下几个方面：一是加强肥胖防控，通过健康教育、社区活动和政策支持，鼓励公众采取健康的饮食和生活方式。二是针对性干预，为女性及中老年人群提供量身定制的健康管理方案，以降低高BMI所致骨关节炎的发生率。三是政策支持与研究，政府应加大对肥胖及相关疾病研究的投入，推动相关政策的实施。

综上所述，中国归因于高BMI的骨关节炎疾病负担呈现逐渐升高的趋势，且年龄和性别差异明显。为了有效应对这一挑战，未来应加强对肥胖等危险因素的防控，制定针对性的干预措施，以减轻骨关节炎对社会和个体的影响。

参 考 文 献

[1] 金柱,刘高卿,徐文博,等. 骨关节炎疼痛机制及相关中药治疗研究进展[J]. 新乡医学院学报,2024,41(10):996-1000.

[2] Palazzo C, Nguyen C, Lefevre-Colau MM, et al. Risk factors and burden of osteoarthritis [J]. Ann Phys Rehabil Med, 2016, 59(3): 134-138.

[3] Wenham CY, Conaghan PG. New horizons in osteoarthritis [J]. Age Ageing, 2013, 42(3): 272-278.

[4] 李琪,盛悦航,李柯,等. 1990—2035年中国骨关节炎患病、疾病负担现状及趋势预测[J]. 中国骨质疏松杂志,2024,30(11):1627-1632.

[5] 刘凌,李惠菁,张治,等. 膝骨关节炎风险预测模型的系统评价[J]. 中国循证医学杂志,2024,24(9):1038-1043.

[6] 王婧,薛松,马金忠. 细胞代谢与骨关节炎发生发展的研究进展

[J]. 中国骨与关节杂志,2021,10(12):920-925.
[7] GBD 2021 Diseases and Injuries Collaborators. Global incidence, prevalence, years lived with disability (YLDs), disability-adjusted life-years (DALYs), and healthy life expectancy (HALE) for 371 diseases and injuries in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990-2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021 [J]. Lancet, 2024, 403(10440): 2133-2161.
[8] GBD 2021 Osteoarthritis Collaborators. Global, regional, and national burden of osteoarthritis, 1990-2020 and projections to 2050: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021 [J]. Lancet Rheumatol, 2023, 5(9): e508-e522.
[9] Ng M, Fleming T, Robinson M, et al. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013 [J]. Lancet, 2014, 384(9945): 766-781.
[10] Zhang S, Yang G, Yang J, et al. Global, regional, and national burden of malaria, 1990-2021: Findings from the global burden of disease study 2021 [J]. Decoding Infection and Transmission, 2024, 2: 100030.
[11] GBD 2019 Risk Factors Collaborators. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 [J]. Lancet, 2020, 396(10258): 1223-1249.
[12] 国家卫生健康委员会. 中国居民营养与慢性病状况报告-2020年[M]. 北京:人民卫生出版社,2021.
[13] Bleuel J, Zaucke F, Bruggemann GP, et al. Effects of cyclic tensile strain on chondrocyte metabolism: a systematic review [J]. PLoS One, 2015, 10(3): e119816.
[14] Adouni M, Aydelik H, Faisal TR, et al. The effect of body weight on the knee joint biomechanics based on subject-specific finite element-musculoskeletal approach [J]. Sci Rep, 2024, 14(1): 13777.
[15] Schroder A, Nazet U, Muschter D, et al. Impact of Mechanical Load on the Expression Profile of Synovial Fibroblasts from Patients with and without Osteoarthritis [J]. Int J Mol Sci, 2019, 20(3): 585.
[16] Harding GT, Hubley-Kozey CL, Dunbar MJ, et al. Body mass index affects knee joint mechanics during gait differently with and without moderate knee osteoarthritis [J]. Osteoarthritis Cartilage, 2012, 20(11): 1234-1242.
[17] Honda K, Ohno S, Tanimoto K, et al. The effects of high magnitude cyclic tensile load on cartilage matrix metabolism in cultured chondrocytes [J]. Eur J Cell Biol, 2000, 79(9): 601-609.
[18] Song M, Chen H, Li J, et al. A comparison of the burden of knee osteoarthritis attributable to high body mass index in China and globally from 1990 to 2019 [J]. Front Med (Lausanne), 2023, 10: 1200294.
[19] Zhao G, Zhu S, Zhang F, et al. Global Burden of osteoarthritis associated with high body mass index in 204 countries and territories, 1990-2019: findings from the Global Burden of Disease Study 2019 [J]. Endocrine, 2023, 79(1): 60-71.
[20] 刘玲玲,许凌云,王斌. 骨质疏松及骨关节炎与雌激素和细胞因子关系的研究进展[J]. 现代临床医学,2023,49(2):137-139.
[21] Straub RH. The complex role of estrogens in inflammation [J]. Endocr Rev, 2007, 28(5): 521-574.
[22] Messier SP, Beavers DP, Loeser RF, et al. Knee joint loading in knee osteoarthritis: influence of abdominal and thigh fat [J]. Med Sci Sports Exerc, 2014, 46(9): 1677-1683.
[23] Roos PE, Mituniewicz A, Liu W. Biomechanical joint loading mechanism of Tai Chi gait in individuals with knee osteoarthritis: A pilot simulation study [J]. Osteoarthritis and Cartilage Open, 2021, 3(2): 100158.
[24] Messier SP, Mihalko SL, Legault C, et al. Effects of intensive diet and exercise on knee joint loads, inflammation, and clinical outcomes among overweight and obese adults with knee osteoarthritis: the IDEA randomized clinical trial [J]. JAMA, 2013, 310(12): 1263-1273.
[25] Parsch D, Brummendorf TH, Richter W, et al. Replicative aging of human articular chondrocytes during ex vivo expansion [J]. Arthritis Rheum, 2002, 46(11): 2911-2916.

（责任编辑：林美艺）

（上接第535页）

[7] 王敏,解智鹏,王心怡,等. 临床研究中统计学方法的应用趋势分析:以四大医学期刊为例[J]. 中国卫生统计,2025,42(2):244-247.
[8] 肖水源.《社会支持评定量表》的理论基础与研究应用[J]. 临床精神医学杂志, 1994(2): 98-100.
[9] 刘继文, 李富业, 连玉龙. 社会支持评定量表的信度效度研究[J]. 新疆医科大学学报, 2008(1): 1-3.
[10] 郝元涛, 方积乾. 世界卫生组织生存质量测定量表中文版介绍及其使用说明[J]. 现代康复, 2000(8): 1127-1129.
[11] Skevington SM, Lotfy M, O'Connell KA, et al. The World Health Organization's WHOQOL-BREF quality of life assessment: psychometric properties and results of the international field trial. A report from the WHOQOL group [J]. Quality of Life Research: An International Journal of Quality of Life Aspects of Treatment, Care and Rehabilitation, 2004, 13(2): 299-310.
[12] 夏凤. 老年癌症晚期患者家庭照顾者负担的现状及影响因素分析[J]. 当代护士(上旬刊), 2016(8): 21-22.
[13] 纪元元, 任莲杰, 沙呈姣. 晚期肺癌患者家庭照顾者照顾负担现状及其影响因素分析[J]. 心理月刊, 2024, 19(12): 25-29.
[14] 冯晓敏, 王曙红, 刘风兰, 等. 痴呆照顾者负担的影响因素及其干预研究进展[J]. 护理学杂志, 2011, 26(3): 88-91.
[15] 姚蓉, 雷丽梅, 杨婷, 等. 结核病住院患儿家庭照顾者的照顾负担与焦虑现状及其相关性分析[J]. 解放军护理杂志, 2021, 38(10): 32-35.
[16] 王志伟, 王爱平. 血液透析病人家庭照顾者负担及影响因素的研究[J]. 护理研究, 2008(27): 2480-2482.
[17] 陈娟娟, 李惠萍, 杨娅娟, 等. 癌症患者家庭韧性及照顾者反应对患者心理韧性的影响[J]. 中国卫生统计, 2022, 39(6): 943-946.
[18] Shiba K, Kondo N, Kondo K. Informal and formal social support and caregiver burden: The AGES caregiver survey [J]. Journal of Epidemiology, 2016, 26(12): 622-628.
[19] Rodakowski J, Skidmore ER, Rogers JC, et al. Role of social support in predicting caregiver burden [J]. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2012, 93(12): 2229-2236.
[20] Adelman RD, Tmanova LL, Delgado D, et al. Caregiver burden: A clinical review [J]. JAMA, 2014, 311(10): 1052-1060.
[21] Gallagher D, Rose J, Rivera P, et al. Prevalence of depression in family caregivers [J]. The Gerontologist, 1989, 29(4): 449-456.

（责任编辑：林美艺）