

· 综述 ·

颈椎枕的研究进展[△]

杨云霄¹, 侯俞彤¹, 黄承兰¹, 王金武^{2*}

(1. 潍坊医学院康复医学院, 山东潍坊 261053; 2. 上海交通大学医学院附属第九人民医院, 上海 200011)

摘要: 颈椎病 (cervical spondylosis, CS) 是指颈椎椎间盘组织退行性改变并累及其周围组织结构, 且出现与影像学改变相应的临床表现的一种疾病, 是一种以颈椎退行性改变为主的多发病、常见病, 与年龄的增长密切相关。在我国颈部疼痛已经成为导致残疾的第二大原因, 且女性较男性更为多见, 并呈现出低龄化趋势。颈椎枕可以用于颈椎病的辅助治疗, 合适的颈椎枕有助于颈椎病治疗方案的制定和完善, 但目前关于颈椎枕的最佳设计及疗效尚不明确, 本文通过总结近年来颈椎枕相关的文献, 对颈椎枕的分类设计及应用进行分析, 以期临床工作及研究者提供参考, 促进颈椎枕研制及应用的专业化和科学化。

关键词: 颈椎枕, 颈椎病, 生物力学

中图分类号: R687 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2024) 03-0249-05

Research progress of cervical support pillows // YANG Yun-xiao¹, HOU Yu-tong¹, HUANG Cheng-lan¹, WANG Jin-wu². 1. School of Rehabilitation Medicine, Weifang Medical University, Weifang 261053, China; 2. Ninth People's Hospital, School of Medicine, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200011, China

Abstract: Cervical spondylosis (CS) is a disease that involves degenerative changes of cervical discs and surrounding tissue, and has clinical manifestations corresponding to its imaging changes. Currently, neck pain has become the second leading cause of disability in China, which in female are more common than that in male with a trend of affecting younger. Cervical support pillows are used to aid in the treatment of cervical spondylosis, and the right cervical pillow may be helpful to develop treatment plan for the cervical spondylosis, however, there is insufficient clarity regarding the optimal design and efficacy of cervical support pillows. In this article, we analyze the classification design and application of cervical support pillows by summarizing the articles related to cervical support pillows in recent years, aiming to provide reference for clinical workers and researchers, improve academic research, and promote the professionalization and scientization of cervical support pillows development and application.

Key words: cervical support pillow, cervical spondylosis, biomechanics

颈椎病 (cervical spondylosis, CS) 是指颈椎椎间盘退行性改变及其继发的相邻结构病理改变累及周围组织结构 (神经、血管等) 并出现与影像学改变相应的临床表现的疾病^[1]。颈椎枕, 又称颈部支撑枕、颈椎矫治枕或颈椎力学平衡枕, 用于睡眠期间维持颈椎生理曲线, 放松颈肩部肌肉^[2-4]。国内有中药结合颈椎枕治疗颈椎病的传统疗法, 国外也进行了颈椎枕与普通枕头的对照试验, 发现对于存在颈部疼痛的患者, 柔软且能够支撑颈部的枕头可缓解颈肩部疼痛、僵硬^[5]。最近的研究表明, 颈椎枕可以减轻颈椎病患

者颈肩部疼痛症状, 尤其对颈椎曲度改变的患者具有一定的改善作用^[6, 7]。本文对颈椎枕的生物力学原理、分类、设计及其在颈椎曲度治疗中的疗效等进行探讨并综述如下, 以期对颈椎枕的研究与其应用提供参考。

1 颈椎枕的生物力学机制

颈椎椎体、附件、椎间盘、关节囊及相连的韧带构成颈椎的静力平衡, 也称内源性平衡; 颈部肌肉及

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2024.03.10

△基金项目: 国家科技部重点研发计划项目 (编号: 2020YFC2008700); 上海市科委项目 (编号: 18441903700; 19XD1434200; 19441908700; 19441917500); 上海交通大学医学院地高大双百人计划项目 (编号: 20152224); 上海交通大学医学院转化医学创新基金资助项目 (编号: TM201915); 上海交通大学医学院附属第九人民医院临床研究型 MDT 项目 (编号: 201914); 转化医学国家重大科技基础设施 (上海) 开放课题基金项目 (编号: TMSK-2021-140); 中国工程科技发展战略江苏研究院咨询研究项目 (编号: JS2020XZ04)

作者简介: 杨云霄, 在读硕士研究生, 研究方向: 颈椎病康复, (电话) 17861203726, (电子信箱) yunxiaoyang1999@163.com

***通信作者:** 王金武, (电话) 13301773680, (电子信箱) wangjw-team@shsmu.edu.cn

其协调运动构成颈椎的动态平衡，也称外源性平衡^[8, 9]。颈椎依靠静态平衡系统和动态平衡系统共同维持着颈椎的稳定及生物力学作用的正常发挥。对于长期伏案的人群，长期不活动导致颈椎肌肉慢性劳损，力学平衡被打破，颈椎通过改变曲度来进行生理性代偿，出现颈椎曲度改变的初步症状。当症状进一步加重，颈椎曲度代偿作用丧失，同时颈项部肌肉长时间处于收缩状态，遭受持续牵拉而出现肌肉疲劳，代谢产物聚集，产生无菌性炎症，引发疼痛^[8]。邢秋娟等^[10]通过有限元分析发现，在解剖位置上正常人的颈椎应力主要集中在 C_{4/5} 椎间盘，以椎间盘后半部分及小关节为代表，当颈椎曲度改变时，其应力明显增加。相关数据，显示颈椎曲度改变与颈型颈椎病体征存在一定相关性^[11, 12]，进一步证实了邢秋娟等的研究结论。

目前已有研究者注意到枕头的形状、高度、材质等对颈椎病的发生发展具有重要影响^[13]。仰卧位时枕头过高可以使前屈角度增大，颈椎后部肌肉持续应力，而枕头过低时则使颈椎长期处于过伸状态，前部肌肉持续应力，久之可引起韧带、肌肉的劳损，产生无菌性炎症，进而使颈椎粘连、钙化或退行性变^[14]。颈椎病患者由于其已经存在的颈椎疾患而对枕头高度及材质呈现更高的敏感性，使用合适的颈椎枕有助于防止颈椎病进一步恶化，调整其颈部肌肉力学平衡状态，恢复颈椎正常生理曲度。颈椎枕具备牵引功能，采用力学纠偏原理，在颈椎后部加上一个力学支点，依靠头部的重量使颈椎产生一个与颈椎病发病相反的作用力，直接作用于椎骨本身以恢复适当的颈椎曲度，后方的肌肉、脊髓、神经根则处于松弛状态，有效改善颈椎及后关节轻微错位等所致的颈椎解剖及生物力学紊乱^[15]，从而减少了椎间盘内的压力，使负荷更好地分布在椎间盘之间。Chen 等^[16]进行了以乳胶颈椎枕为代表的头颈模型应力有限元分析，发现顺应生理曲线的颈椎枕应力最小，在理论层面证实了颈椎枕的有效性。Choi 等^[17]发现相比传统枕头，颈椎枕降低了胸锁乳突肌的活性，有助于颈部肌肉的放松，从而减少无意识的肌肉紧张引起的疼痛，在实践层面证实了颈椎枕的有效性。

2 颈椎枕分类

2.1 药物复合型颈椎枕和现代颈椎枕

当前颈椎枕研制多样化，按照其材质可将其分为药物复合型颈椎枕和现代颈椎枕。药物复合型颈椎

枕，即通过使用药物部分或全部填充枕头，在实现颈椎曲度矫治的同时让药物对人体进行调理。药枕内的药物挥发油可以通过皮肤和鼻腔吸收入体内，从而发挥间接治疗疾病的作用，可以用来调理失眠、高血压、头痛等疾病。伴随着材料的进步和发展，颈椎枕的研制更加现代化、科学化。现代颈椎枕的制作多以乳胶、记忆泡沫和聚酯纤维为主，可以切割成指定的形状，并且具有一定的支撑能力。近年来将 3D 打印技术和颈椎枕制造相结合，提供个性化定制的颈椎矫治枕^[6]。3D 打印技术是在计算机数字模型的基础上，运用粉末状金属或塑料等可粘合材料，通过逐层打印的方式来构造物体^[18-20]。在医疗领域，3D 打印技术因其高精度、个性化、可定制等特点，在医疗器械的设计和制作方面存在巨大的潜力^[21, 22]。魏浩馨等^[6]首次实现 3D 打印颈椎曲度矫治枕的制作，医师、康复治疗师、假肢矫形器师进行全面疾病和功能障碍评估，共同研究讨论后确定个性化颈椎枕设计方案，为颈椎枕的设计研发提供了新思路。

2.2 智能颈椎枕

智能颈椎枕是目前的研究热点，可以实现理疗、高度调节、温度调节、形状调节、对睡眠过程进行监测等功能。有学者认为智能颈椎枕是用于阻塞性睡眠呼吸暂停快速诊断的下一代技术^[23]，基于传感器的智能枕头更是当前颈椎枕创新的趋势之一^[24]。Chung 等^[25]进行智能防打鼾枕头的临床效果实验测试，这款枕头在检测到人的打鼾声音后，颈枕处的移动泡沫可以自动地来回水平移动，从而改变他们的头颈部位置，进而改善阻塞性睡眠呼吸暂停综合征患者的仰卧位呼吸暂停低通气指数、打鼾数量和打鼾指数。Li 等^[26]提出了一种智能枕头云平台，基于 3 个温度传感器和 1 个湿度传感器的智能枕头可以根据每周或每月的睡眠数据，观察睡眠的动态变化，实现远程健康检测。Kou 等^[27]提出了一种基于摩擦电纳米发电机压力传感器阵列的智能枕头，用于头部运动监控，以实现床上跌落报警功能。目前存在的问题是，相当一部分智能枕头没有考虑枕头外形，忽视了其对于头颈部的重要影响，需要进一步改进。

3 颈椎枕设计进展

3.1 颈椎枕高度

颈椎枕分为头枕和颈枕两部分，分别支撑颈部和头部，保证睡眠状态下的脊柱最佳位置，减少脊柱应力，降低头颈面接触压力，实现对头部和颈部的更好

支撑。其高度需要与颈部的骨性结构相匹配，使颈椎处于无负荷的自然形状，从而利于椎间盘及关节囊复原、颈部肌肉放松。目前关于颈椎枕高度与颈部尺寸参数的关系，已经有学者进行了研究。Erfanian 等^[28]发现一些颈部尺寸参数，如颈长、颈围、肩宽与颈椎枕高度没有统计学关系。此外，身体质量指数与枕高也没有统计学上的相关性^[29]。Cai 等^[30]提出分别测量站立位矢状面上后脑、后颈到墙壁的距离为仰卧位的头枕高度和颈枕高度，冠状面耳朵、颈部到肩膀的距离为侧卧位的头枕高度和颈枕高度。这是目前比较简便的测量最佳枕高大致范围的方法，具体地，需要结合颈椎曲度、肌肉活动、表面接触压力等进行进一步探讨。除此之外，一些研究者也试图寻找身体其他相关数据与最佳枕高之间的关系。Wang 等^[29]测试了 11 个材质相同但大小不同的颈椎枕，通过记录指伸肌的最大收缩力和峰间振幅，发现最大收缩力在不同枕高之间有显著差异，这有助于找到选择最佳枕头高度的替代策略。

3.2 颈椎枕形状

临床上用于治疗颈椎病常见的颈椎枕是波浪枕，从侧面看类似于波浪形而得名，可以完美贴合头颈部。研究发现，仰卧位与侧卧位所需的枕高不同^[4]，波浪枕高度固定，不适宜整晚睡眠。U 形枕在波浪枕的基础上做了一定改良，从正面看是 U 形，枕头中部仰卧位区域的高度较低，两侧左右侧卧位区域的高度较高^[30]。Son 等^[31]提出除颈椎支撑外，颈肩部恰当的枕头高度过渡也可以提高舒适度。Liu 等^[32]以仰卧位压力分布为切入点，基于层次分析法设计了一款可以同时支撑头部颈部肩部的枕头。其次，合理的压力分布是保证颈椎枕舒适性的关键，人体头颈部区域皮下生理结构复杂，不同区域对压力的敏感度不同，Von Der Lippe 等^[33]通过计算舒适度得分最高的几个颈椎枕的平均压力分布矩阵，获得近似理想的压力分布矩阵，通过模糊聚类算法分成仰卧位置的后颈部、枕骨和后顶骨 3 个区域，以及侧卧位置的颈部、颌部、颞骨和侧顶骨的 4 个区域，结合 7 个部位的敏感度制作了颈椎枕的理想支撑模型。

3.3 颈椎枕材质

颈椎枕的材质多样，不同类型的颈椎枕使用的材质不同。传统药物结合的颈椎枕多以荞麦皮、决明子、艾草叶、磁石等为主，普通颈椎枕则多是乳胶、记忆泡沫和聚酯纤维等。颈椎枕材质要求具有一定的硬度以实现支撑效果，乳胶、记忆泡沫、聚酯纤维等都可以实现，但乳胶枕和记忆泡沫枕不宜水洗，聚酯

纤维随着使用时间的增加会出现回弹性降低，需要定期更换。有实验发现普通人与颈部疾病患者适宜的材质不同，Gordon 等^[34]发现乳胶枕可以减少普通人清醒时头痛、肩胛骨及手臂疼痛，对于颈椎病患者则表现不佳。但其试验中也存在不足之处，试验设计者没有考虑到枕头高度、外形的影响因素，对结果产生一定的偏差。Lavin 等^[35]提出水基枕满意度最高，充水袋可以根据头部和颈部的位置自发的改变形状，从而为头部和颈部提供支撑。充水袋能够依据水量改变高度，且形状因人而异，对颈椎枕后续的研发具有一定的启发意义。此外，热传导特性也是一个重要的考虑因素。最佳材质应该有效传递头部热量，降低枕部温度，帮助睡眠中身体核心温度降低，从而促进深度睡眠^[36]。

4 颈椎枕在颈椎病中的应用进展

颈椎病的病因是多方面的，主要是颈椎退行性变和颈部肌肉的慢性劳损^[37]。依据受累组织结构的不同，将颈椎病分为颈型颈椎病、神经根型颈椎病、脊髓型颈椎病及其他型颈椎病，其中神经根型、脊髓型颈椎病分别对应国外的颈椎神经根病和脊髓病。国外没有颈型颈椎病这一分型概念，与之相似的临床诊断是慢性机械性颈痛^[38]。颈椎病在我国影响人群范围较广，与年龄增加呈正相关，60 岁以上老年人群的发生率高达 58%^[39]，其中脑力劳动者是颈椎病的高发人群，干部、医务人员、教师等的患病率居高不下，防治形势严峻。

Fazli 等^[13]对比颈椎病患者使用乳胶枕配合常规物理治疗与单独使用常规物理治疗的疗效，结果发现使用乳胶枕组颈伸肌群耐力显著增加，颈椎伸展、左侧屈和左侧旋转角度显著改善，且颈椎角度增加，明显改善了患者症状。这是因为符合人体工程学的乳胶枕可以通过支撑颈部以减少颈部姿势稳定肌的张力，提高颈部软组织延展性和肌肉效率，使活动范围增加。值得注意的是，Gordon 等^[34]认为颈椎枕对颈椎病患者没有作用，这与一贯认为的颈椎枕可以治疗及改善颈部症状的看法不同。可能与其试验时间只有 1 周相关，而椎间盘和颈部肌肉的缓解需要较长时间。Fazli 等^[40]随后的研究验证了这一想法，长期随访中发现颈椎枕治疗组有进一步的改善，验证了上述结论。

5 小结及展望

当前颈椎枕的研究主要集中在颈椎枕的临床疗效验证上,关于颈椎枕的生物力学机制研究较少。颈部结构复杂,富含脊髓、肌肉、血管和神经根,头部后倾的矫正力在作用于椎骨的同时是否会对其他组织产生影响,需要进一步的研究确定。有限元法可以验证颈椎枕的有效性,优化颈椎枕设计,开拓了颈椎枕生物力学研究的新思路。但基于建模的水平和边界条件、模拟是否真实,其精确度浮动性可能比较大。未来随着材料科学、人机交互、计算机辅助设计等学科的发展,必将带动颈椎矫治枕革新性发展。

参考文献

- [1] 中华外科杂志编辑部. 颈椎病的分型、诊断及非手术治疗专家共识 (2018) [J]. 中华外科杂志, 2018, 56 (6) : 401-402. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0529-5815.
the Editorial Board of CJS. The experts consensus on the classification, diagnosis and non-surgical treatment of cervical spondylitis [J]. Chinese Journal of Surgery, 56 (6) : 401-402. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0529-5815.
- [2] Chun-Yiu JP, Man-Ha ST, Chak-Lun AF. The effects of pillow designs on neck pain, waking symptoms, neck disability, sleep quality and spinal alignment in adults: a systematic review and meta-analysis [J]. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2021, 85 : 105353. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2021.105353.
- [3] Gordon SJ, Grimmer KA, Buttner P. Pillow preferences of people with neck pain and known spinal degeneration: a pilot randomized controlled trial [J]. Eur J Phys Rehabil Med, 2019, 55 (6) : 783-791. DOI: 10.23736/S1973-9087.19.05263-8.
- [4] Lei JX, Yang PF, Yang AL, et al. Ergonomic consideration in pillow height determinants and evaluation [J]. Healthcare (Basel), 2021, 9 (10) : 1333. DOI: 10.3390/healthcare9101333.
- [5] Persson L, Moritz U. Neck support pillows: a comparative study [J]. J Manipulative Physiol Ther, 1998, 21 (4) : 237-240. PMID: 9608378.
- [6] 魏浩馨, 王彩萍, 邓迁, 等. 3D 打印个性化颈椎矫治枕的设计与临床应用 [J]. 中国组织工程研究, 2021, 25 (36) : 5741-5746. DOI: 10.12307/2021.335
Wei HX, Wang CP, Deng Q, et al. Design and clinical application of personalized cervical spine correction pillow with three-dimensional printing [J]. Chinese Journal of Tissue Engineering Research, 2021, 25 (36) : 5741-5746. DOI: 10.12307/2021.335.
- [7] Ren S, Wong DW, Yang H, et al. Effect of pillow height on the biomechanics of the head-neck complex: investigation of the cranio-cervical pressure and cervical spine alignment [J]. Peer J, 2016, 4 : e2397. DOI: 10.7717/peerj.2397.
- [8] 胡华, 李连泰, 王书君, 等. 颈椎生理曲度异常对颈源性头痛发病的影响 [J]. 中国医药导报, 2019, 16 (6) : 70-72, 97.
Hu H, Li LT, Wang SJ, et al. Influence of abnormal physiological curvature of cervical vertebrae on the incidence of cervicogenic headache [J]. Chinese Medical Herald, 2019, 16 (6) : 70-72, 97.
- [9] Theodore N. Degenerative cervical spondylosis [J]. N Engl J Med, 2020, 383 (2) : 159-168. DOI: 10.1056/NEJMra2003558.
- [10] 邢秋娟, 赵东峰, 戴薇薇, 等. 颈椎曲度异常对椎间盘应力分布影响的有限元分析 [J]. 临床骨科杂志, 2019, 22 (1) : 114-117. DOI: 10.3969/j.issn.1008-0287.2019.01.046.
Xing QJ, Zhao DF, Dai WW, et al. Finite element analysis of the effect of the cervical curvature on the stress distribution in cervical intervertebral disc [J]. Clinical Orthopaedic Journal, 2019, 22 (1) : 114-117. DOI: 10.3969/j.issn.1008-0287.2019.01.046.
- [11] 陈浩, 刘浩, 洪瑛, 等. 颈椎前路椎间盘切除融合术中颈椎曲度调节 [J]. 中国矫形外科杂志, 2022, 30 (9) : 850-853. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.09.18.
Chen H, Liu H, Hong Y, et al. Intraoperative cervical curvature adjustment by a self-developed instrument in anterior cervical discectomy and fusion [J]. Orthopedic Journal of China, 2022, 30 (9) : 850-853. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2022.09.18.
- [12] Lee MY, Jeon H, Choi JS, et al. Efficacy of modified cervical and shoulder retraction exercise in patients with loss of cervical lordosis and neck pain [J]. Ann Rehabil Med, 2020, 44 (3) : 210-217. DOI: 10.5535/arm.19117.
- [13] Fazli F, Farahmand B, Azadnia F, et al. The effect of ergonomic latex pillow on head and neck posture and muscle endurance in patients with cervical spondylosis: a randomized controlled trial [J]. J Chiropr Med, 2019, 18 (3) : 155-162. DOI: 10.1016/j.jcm.2019.02.003.
- [14] 关风光, 张丽瑛, 蔡树河, 等. 量身定制颈椎枕对颈椎病患者颈部肌力平衡的影响 [J]. 中华现代护理杂志, 2012, (26) : 3177-3180. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-2907.2012.26.027.
Guan FG, Zhand LY, Cai SH, et al. Effect of tailored cervical pillow on the neck muscle strength balance of cervical spondylosis patients [J]. Chinese Journal of Modern Nursing, 2012, (26) : 3177-3180. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-2907.2012.26.027.
- [15] 宋晓辉, 宋晓光, 田新宇. 颈椎力学平衡枕治疗神经根型颈椎病疗效观察 [J]. 山东中医杂志, 2009, 28 (1) : 41-42.
Song XH, Song XG, Tian XY. Clinical observation of cervical mechanical equilibrium pillow in the treatment of cervical spondylosis [J]. Shandong Journal of Traditional Chinese Medicine, 2009, 28 (1) : 41-42.
- [16] Chen S, Wang X, Sun M, et al. Supine dynamic simulation and latex pillow design for Chinese women based on finite element method [J]. Text Res J, 2022, 92 (13-14) : 2529-2537. DOI: 10.1177/00405175221086896.
- [17] Choi MH, Jung JH, Moon JH, et al. Effect of a cervical support pillow on sternocleidomastoid activity and satisfaction in asymptomatic participants [J]. J Phys Ther Sci, 2018, 30 (6) : 840-842. DOI: 10.1039/B823110A.
- [18] 郑坤, 宋艳, 邓迁, 等. 3D 打印在矫形器领域的应用和研究进展 [J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29 (14) : 1300-1303. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.14.12.
Zheng K, Song Y, Deng Q, et al. Application and research progress

- of 3D printing in orthose [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2021, 29 (14) : 1300–1303. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2021.14.12.
- [19] Salmi M. Additive manufacturing processes in medical applications [J]. *Materials (Basel)*, 2021, 14 (1) : 191. DOI: 10.3390/ma14010191.
- [20] Zhao Y, Wang Z, Zhao J, et al. Additive manufacturing in orthopedics: a review [J]. *ACS Biomater Sci Eng*, 2022, 8 (4) : 1367–1380. DOI: 10.1021/acsbomaterials.1c01072.
- [21] Li H, Fan W, Zhu X. Three-dimensional printing: The potential technology widely used in medical fields [J]. *J Biomed Mater Res A*, 2020, 108 (11) : 2217–2229. DOI: 10.1002/jbm.a.36979.
- [22] Liaw CY, Guvendiren M. Current and emerging applications of 3D printing in medicine [J]. *Biofabrication*, 2017, 9 (2) : 024102. DOI: 10.1088/1758–5090/aa7279.
- [23] Khurana S, Soda N, Shiddiky MJA, et al. Current and future strategies for diagnostic and management of obstructive sleep apnea [J]. *Expert Rev Mol Diagn*, 2021, 21 (12) : 1287–1301. DOI: 10.1080/14737159.2021.2002686.
- [24] Li RT, Kling SR, Salata MJ, et al. Wearable performance devices in sports medicine [J]. *Sports Health*, 2016, 8 (1) : 74–78. DOI: 10.1177/1941738115616917.
- [25] Chung TT, Lee MT, Ku MC, et al. Efficacy of a smart antisnore pillow in patients with obstructive sleep apnea syndrome [J]. *Behav Neurol*, 2021, 2021 : 8824011. DOI: 10.1155/2021/8824011.
- [26] Li S, Chiu C. A smart pillow for health sensing system based on temperature and humidity sensors [J]. *Sensors (Basel)*, 2018, 18 (11) : 3664. DOI: 10.3390/s18113664.
- [27] Kou H, Wang H, Cheng R, et al. Smart pillow based on flexible and breathable triboelectric nanogenerator arrays for head movement monitoring during sleep [J]. *ACS Appl Mater Interfaces*, 2022, 14 (20) : 23998–24007. DOI: 10.1021/acsmi.2c03056.
- [28] Erfanian P, Tenzif S, Guerriero RC. Assessing effects of a semi-customized experimental cervical pillow on symptomatic adults with chronic neck pain with and without headache [J]. *J Can Chiropr Assoc*, 2004, 48 (1) : 20–28. PMID: 17549216.
- [29] Wang JC, Chan RC, Wu HL, et al. Effect of pillow size preference on extensor digitorum communis muscle strength and electromyographic activity during maximal contraction in healthy individuals: a pilot study [J]. *J Chin Med Assoc*, 2015, 78 (3) : 182–187. DOI: 10.1016/j.jcma.2014.09.005.
- [30] Cai D, Chen HL. Ergonomic approach for pillow concept design [J]. *Appl Ergon*, 2016, 52 : 142–150. DOI: 10.1016/j.apergo.2015.07.004.
- [31] Son J, Jung S, Song H, et al. A survey of Koreans on sleep habits and sleeping symptoms relating to pillow comfort and support [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2020, 17 (1) : 302. DOI: 10.3390/ijerph17010302.
- [32] Liu SF, Lee YL, Liang JC. Shape design of an optimal comfortable pillow based on the analytic hierarchy process method [J]. *J Chiropr Med*, 2011, 10 (4) : 229–239. DOI: 10.1016/j.jcm.2011.04.002.
- [33] Von Der Lippe E, Krause L, Porst M, et al. Prevalence of back and neck pain in Germany. Results from the BURDEN 2020 Burden of Disease Study [J]. *J Health Monit*, 2021, 6 (Suppl 3) : 2–14. DOI: 10.25646/7855.
- [34] Gordon SJ, Grimmer–Somers KA, Trott PH. Pillow use: the behavior of cervical stiffness, headache and scapular/arm pain [J]. *J Pain Res*, 2010, 3 : 137–145. DOI: 10.2147/jpr.s10880.
- [35] Lavin RA, Pappagallo M, Kuhlemeier KV. Cervical pain: a comparison of three pillows [J]. *Arch Phys Med Rehabil*, 1997, 78 (2) : 193–198. DOI: 10.1016/s0003–9993(97)90263–x.
- [36] Cagno AD, Minganti C, Quaranta F, et al. Effectiveness of a new cervical pillow on pain and sleep quality in recreational athletes with chronic mechanical neck pain: a preliminary comparative study [J]. *J Sports Med Phys Fitness*, 2017, 57 (9) : 1154–1161. DOI: 10.23736/S0022–4707.16.06587–7.
- [37] Baucher G, Taskovic J, Troude L, et al. Risk factors for the development of degenerative cervical myelopathy: a review of the literature [J]. *Neurosurg Rev*, 2022, 45 (2) : 1675–1689. DOI: 10.1007/s10143–021–01698–9.
- [38] Binder A. The diagnosis and treatment of nonspecific neck pain and whiplash [J]. *Eura Medicophys*, 2007, 43 (1) : 79–89. DOI: 17369782.
- [39] 张鸿悦, 章耀华, 李强, 等. 颈椎退行性变的相关因素分析 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29 (1) : 28–32. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2021.01.06.
Zhang HY, Zhang YH, Li Q, et al. Correlation analysis on factors related to cervical degenerative changes on MRI [J]. *Orthopedic Journal of China*, 2021, 29 (1) : 28–32. DOI: 10.3977/j.issn.1005–8478.2021.01.06.
- [40] Fazli F, Farahmand B, Azadina F, et al. A preliminary study: The effect of ergonomic latex pillow on pain and disability in patients with cervical spondylosis [J]. *Med J Islam Repub Iran*, 2018, 32 : 81. DOI: 10.14196/mjiri.32.81.

(收稿:2022–10–27 修回:2023–06–29)
(同行评议专家: 孙永生, 毛路)
(本文编辑: 宁桦)