

慢性非特异性颈痛对患者平衡能力、姿势控制的影响、机制及干预措施综述

沈莹皓¹ 苗壮壮¹ 程鹏飞¹ 沈之栋² 刘俊杰^{1*}

(1. 哈尔滨体育学院, 黑龙江 哈尔滨 150008.; 2. 沈阳医学院, 辽宁 沈阳 110034)

摘要: 慢性非特异性颈痛(CNSNP)作为一种常见且复杂的临床问题,显著影响患者的生活质量及功能表现。近年来,随着对中枢神经系统在疼痛调节中的作用理解不断加深,越来越多研究关注CNSNP患者的平衡能力和姿势控制机制。现有研究表明,颈部慢性疼痛不仅导致局部结构功能障碍,还通过影响神经感知和运动控制系统,干扰患者的姿势稳定性和平衡调节能力。然而,目前对于其神经机制的具体路径及其临床评估方法尚存在不足。本文系统综述了慢性非特异性颈痛对平衡能力的影响,详细解析了相关姿势控制的神经调节机制,并评估了多种康复干预策略的有效性。结合最新研究进展,本文旨在为该领域提供理论支持和临床指导,促进更有效的治疗方案开发,推动慢性颈痛患者功能恢复和生活质量提升。

关键词: 慢性非特异性颈痛、平衡能力、姿势控制、神经机制、康复干预

DOI: doi.org/10.70693/cjmsr.v1i3.1471

一、前言

颈痛作为一种常见的肌肉骨骼疾病,在全球范围内对公共健康构成了重大负担。根据 Global Burden of Disease Study 2019 的数据分析,2019 年全球颈痛的年龄标准化患病率约为 2696.5/10 万,发病率为 579.1/10 万,因颈痛导致的残疾人数(YLD)为 267.4/10 万^[1]。这一疾病负担在不同地区表现出显著的差异,如北美高收入地区、东南亚和东亚的 YLD 较高,且在过去 30 年中,部分高收入国家如美国的颈痛残疾负担呈现上升趋势^[2]。颈痛患者多为中老年人群,女性患病率高于男性^[3]。此外,青少年群体中颈痛的患病率亦不容忽视,且与电子设备使用时间及心理健康问题密切相关^[4]。由此可见,颈痛不仅影响个体的生活质量,亦给社会医疗资源带来沉重压力,亟需制定有效的预防和干预策略。慢性非特异性颈痛(Chronic Non-Specific Neck Pain, CNSNP)是一种常见的肌肉骨骼疾病,主要表现为颈部持续性或反复发作的疼痛,且缺乏明确的病理原因或特异性病变。CNSNP 的定义强调其无明确结构性病因的特性,这使得其诊断和治疗存在一定难度。流行病学数据显示,CNSNP 在全球范围内的发病率较高,尤其在老年群体中更为常见,且随着年龄增长,患病率呈上升趋势。临床表现不仅限于颈部局部疼痛,还常伴有颈部活动受限、肌肉僵硬及头痛等症状,严重时会影响患者的日常生活质量和工作能力。

CNSNP 对患者的日常生活和功能状态造成显著影响,尤其在运动功能方面表现为不同程度的障碍。研究表明,患有 CNSNP 的个体往往存在颈部肌肉力量下降、肌肉疲劳及协调性差等问题,这些因素均可导致运动功能受限。特别是在老年人群中,颈部肌肉力量减弱与功能性平衡能力下降密切相关,进而增加跌倒风险。相关研究指出,CNSNP 患者颈部屈肌和伸肌力量明显低于健康对照组,且功能性平

作者简介: 沈莹皓(2000—),男,硕士研究生,研究方向为运动康复;

苗壮壮(2000—),男,硕士研究生,研究方向为运动康复;

程鹏飞(1997—),男,硕士研究生,研究方向为运动康复;

沈之栋(2003—),男,本科生,研究方向为临床医学;

通讯作者: 刘俊杰,男,硕士研究生,研究方向为运动康复

衡测评如 Berg 平衡量表 (BBS) 和 Timed Up and Go (TUG) 测试结果均较差, 显示其运动控制能力和身体稳定性受损^[5]。此外, 疼痛严重程度还能调节颈部肌肉力量与平衡功能之间的关系, 疼痛越重, 肌肉力量对平衡的正向影响越被削弱, 提示疼痛管理在康复中同样重要。

平衡能力和姿势控制是维持身体稳定性和功能活动的基础。人体通过视觉、前庭和本体感受等多种感官信息的整合, 调节姿势以应对内外部环境的变化, 从而实现平衡的维持。相关研究强调, 平衡控制不仅依赖于下肢力量和感知, 还与核心肌群的稳定性密切相关, 良好的神经肌肉控制能力是实现高效姿势调节的关键^[6]。在运动员和健康人群中, 平衡训练能够提高躯干及核心肌肉的控制能力, 提升功能性运动表现并预防运动损伤^[7]。而在颈部疼痛患者中, 颈部肌肉的功能障碍可能会干扰头部定位和躯干稳定, 影响整体平衡控制机制。

临床观察和研究显示, CNSNP 患者普遍存在平衡能力和姿势控制的异常。具体表现为站立或行走时身体重心的摆动幅度增大, 姿势稳定性下降。在某些研究中, 患有前倾头位 (Forward Head Posture, FHP) 的个体在单腿站立时表现出较大范围的身体摇摆, 提示颈部姿势异常与平衡功能减弱存在关联^[8]。此外, 疼痛和肌肉无力可能导致患者采用“僵硬”或过度保护的姿势策略, 从而加重平衡控制的困难^[9]。这些异常不仅影响患者的功能活动, 还可能增加跌倒和其他运动损伤的风险。因此, 系统分析 CNSNP 与平衡能力、姿势控制的关系, 对于揭示其潜在机制及制定有效康复策略具有重要意义。

综上所述, 本综述旨在系统分析慢性非特异性颈痛患者的平衡能力与姿势控制机制, 重点探讨其相互关系及影响因素, 结合最新的临床研究和实验数据, 深入探讨 CNSNP 患者运动功能障碍的机制, 并为康复治疗方案的优化提供理论依据和实践指导, 促进患者功能恢复和生活质量的提升。

二、慢性非特异性颈痛对平衡能力的影响

(一) CNSNP 患者平衡能力的临床表现

慢性非特异性颈痛 (CNSNP) 患者在平衡能力方面常表现出明显的障碍, 既包括静态平衡也涉及动态平衡功能的受损。具体表现为在静态测试中重心控制不稳, 表现为重心位置的频繁偏移和摆动幅度增大, 提示患者维持身体姿态的能力下降。在动态平衡测试中, CNSNP 患者通常表现出步态异常, 如步幅缩小、步速减慢及步态不稳等, 这些异常直接增加了跌倒的风险, 尤其是在复杂环境或需要快速反应的情况下更为显著^[10]。此外, 这类患者在进行诸如闭眼单脚站立或不稳定平台测试时的失败率显著高于健康对照组, 反映出其对视觉和前庭信息依赖性增强, 但本体感觉输入的准确性下降。临床评估工具方面, 颈部关节位置误差 (JPE) 测试被广泛应用于评估颈部传入感觉的准确性, 是监测 CNSNP 患者平衡障碍的重要工具之一^[11]。此外, 动态稳定性指数 (Overall Balance Index) 通过动态稳态平台测量, 能够有效反映患者的平衡控制能力和姿势稳定性, 其敏感性较高, 适合用于临床及研究环境中对平衡功能的跟踪评估。这些测试结合临床症状和功能障碍评估, 为 CNSNP 患者的平衡障碍提供了客观的量化依据, 有助于制定个性化的康复计划^[12]。

(二) 影响平衡能力的生理机制

CNSNP 患者平衡能力下降的生理机制主要涉及颈部肌肉功能障碍和感觉反馈异常。颈部肌肉的慢性疼痛及功能障碍导致颈部本体感觉输入受损, 削弱了颈椎肌肉对头颈位置变化的反馈能力。实验性研究表明, 颈部肌肉疼痛通过抑制疼痛肌肉的激活, 导致本体感受器输入错误, 进而影响中枢神经系统的姿势调节功能^[13]。此外, 颈椎退变如椎间盘和小关节的机械感受器异常激活, 产生大量错误的感觉信号, 进一步干扰中枢处理, 导致感觉反馈紊乱。这种感觉反馈异常使得中枢神经系统难以准确整合来自视觉、前庭和本体感觉系统的信息, 造成平衡控制机制的失调^[14]。视觉和前庭系统在平衡控制中起重要作用, CNSNP 患者通常表现出对视觉输入的过度依赖, 以补偿本体感觉的不足, 但这也增加了在视觉信息受限时的跌倒风险。前庭系统功能的微妙改变, 虽未必明显, 但加剧了整体平衡控制的复杂性。颈部疼痛引起的感觉反馈异常不仅局限于局部神经系统, 还通过中枢神经网络影响姿势调整及运动控制, 形成一个复杂的神经肌肉反馈环路障碍^[15]。

(三) 最新研究进展与临床证据

近期神经影像学 and 神经生理学研究揭示了颈痛患者脑部相关区域功能的变化, 尤其是涉及姿势控

制和感觉整合的脑区如小脑、基底节及前额叶皮层的功能异常。这些研究通过功能性磁共振成像(fMRI)显示, CNSNP 患者在姿势控制任务中脑部激活模式与健康人群存在显著差异, 提示颈痛不仅是局部肌肉和关节问题, 更涉及中枢神经系统的调节失衡^[16]。在临床试验中, 针对 CNSNP 患者的平衡训练显示出积极效果, 尤其是结合本体感觉训练和肌肉协调训练的多模式干预, 有效改善患者的平衡功能和疼痛症状。手法治疗与治疗性运动训练的结合能够显著提升颈部肌肉功能, 改善姿势控制, 降低跌倒风险^[17]。同时, 新兴的颈部姿势矫正装置如后颈加重装置(PCWO)也被证明能够纠正头部前倾姿势, 改善相关的颈部功能障碍^[18]。未来研究方向建议采用多模态评估手段, 整合神经影像学、生理学及临床功能测评, 以实现 CNSNP 患者的个体化干预策略, 提升治疗效果及患者生活质量。

三、姿势控制的神经机制及其在 CNSNP 中的异常

(一) 姿势控制的神经解剖基础

姿势控制是一个复杂的神经生物学过程, 涉及中枢神经系统多个关键结构的协同作用。脑干、小脑、脊髓以及大脑皮层的特定区域是实现姿势调节的核心神经解剖基础。脑干通过前庭脊髓束和网状脊髓束介导来自前庭系统和体感受器的信息, 调节脊髓运动神经元以维持身体平衡^[19]。小脑则担负着整合感觉输入和调节运动输出的功能, 尤其是在身体姿势和协调运动中发挥至关重要的作用^[20]。脊髓作为传导和整合神经信号的枢纽, 负责将中枢命令传递至颈部及躯干肌肉, 同时接收来自肌肉和关节的反馈, 以调整肌肉张力和姿势^[21]。此外, 大脑皮层的初级运动区、躯体感觉区和前额叶皮层参与姿势控制的高级调节, 尤其是在应对复杂环境或执行精细动作时^[22]。

颈部肌肉和关节感受器在姿势调节中扮演着重要角色。颈部肌肉的肌梭和关节囊内的本体感受器能够感知颈部的位置和运动状态, 向中枢传递精细的感觉信息, 帮助调节头部和躯干的空间定位, 进而维持整体平衡^[23]。颈部感受器的输入对于姿势控制系统的整合尤为重要, 尤其是在视觉和前庭信息受限时, 其作用更加突出^[24]。因此, 颈部肌肉及关节感受器不仅是姿势控制的感知基础, 也是神经反馈调节的关键环节, 为 CNSNP 患者的姿势控制研究提供了解剖学和功能学依据。

(二) CNSNP 患者姿势控制功能的改变

慢性非特异性颈痛(CNSNP)患者中, 慢性疼痛状态引发的神经适应性变化是导致姿势控制缺陷的主要机制之一。疼痛不仅影响肌肉的力量和协调性, 还通过影响中枢神经系统的神经网络重塑, 改变感觉整合和运动输出^[25]。研究显示, CNSNP 患者的颈部肌肉协调性显著下降, 表现为肌肉激活模式的异常和肌肉活动的失调, 这进一步削弱了姿势稳定性^[26]。此外, 慢性疼痛状态下, 颈部肌肉的功能障碍导致其对姿势调整的反应时间延长, 影响了身体对外部扰动的快速适应能力^[27]。这种反应时间的延迟可能与中枢神经系统对疼痛信号的持续处理及对运动控制区域的干扰有关。

从神经机制角度看, CNSNP 患者的姿势控制缺陷还涉及大脑皮层及脑干功能的改变。慢性疼痛可能导致皮层和小脑间的神经连接性下降, 影响对姿势调整的精准控制。同时, 疼痛状态下的神经适应可能导致感觉输入处理的异常, 表现为对颈部本体感受输入的依赖增强或替代性利用其他感觉系统, 从而影响姿势控制策略^[28]。这些改变共同导致 CNSNP 患者在静态和动态姿势控制任务中的表现不佳, 特别是在感觉信息受限或多任务环境中更为明显。

(三) 姿势控制异常的评估方法及临床意义

姿势控制异常的评估常采用多种技术手段, 测力平台(force platform)和运动捕捉系统是临床和研究中最常用的两类设备。测力平台通过测量身体重心(Center of Pressure, CoP)的变化, 定量分析身体在站立或运动中的稳定性和摇摆特征, 为评估静态和平衡功能提供客观数据^[29]。运动捕捉系统则利用高精度摄像及传感器追踪身体关键部位的运动轨迹, 帮助分析姿势调整的动态过程及肌肉协调性^[30]。

姿势控制异常对患者的功能恢复和生活质量有显著影响。研究指出, 姿势不稳不仅增加跌倒风险, 还限制日常活动能力, 降低工作和生活的自理水平, 进而影响心理健康^[31]。因此, 准确评估姿势控制功能异常对于制定个性化康复方案至关重要。评估结果可以指导康复训练的重点, 如加强颈部肌肉协调性训练、改善感觉整合能力等。同时, 姿势控制评估亦可作为治疗效果的量化指标, 监测患者的康复进展, 优化治疗策略^[32]。综上, 科学合理的姿势控制功能评估对提升 CNSNP 患者的康复效果和生活

质量具有重要的临床意义。

四、慢性非特异性颈痛患者的康复干预策略

(一) 平衡训练与姿势控制训练的临床应用

慢性非特异性颈痛(CNSNP)患者常伴有平衡能力和姿势控制的障碍,这些功能缺陷与疼痛持续存在和功能受限密切相关。针对这一问题,平衡训练和姿势控制训练已成为康复治疗中的重要内容。平衡训练方法可分为静态平衡训练、动态平衡训练以及功能性平衡训练三种类型。静态平衡训练多以单腿站立、闭眼站立等方式强化患者的静态稳定性,动态平衡训练则通过步态训练、步态速度调节等活动提高患者对运动中平衡的控制能力,而功能性平衡训练则结合日常生活活动,如上下楼梯、转身等,更贴近患者实际功能需求^[33]。研究显示,针对不同任务难度的平衡训练可以有效改善患者的平衡表现^[34],且高难度的训练更有利于增强前瞻性平衡能力,而低难度训练则更适合提高静态平衡能力。

姿势控制训练技术则侧重于改善患者的体位感受和运动协调,包括肩胛稳定性训练、颈部肌群强化训练以及核心肌群的协同激活等。研究表明肩胛稳定性训练对于缓解颈部疼痛、改善肩颈功能具有积极作用^[35]。此外,临床试验显示颈部稳定性训练结合热疗等综合干预可以明显改善颈部肌肉弹性、疼痛及姿势异常^[36]。同时,临床普拉提训练也被证实能够改善 CNSNP 患者的颈部肌耐力、姿势及关节位置觉,提高整体姿势控制能力^[37]。

训练方案设计应遵循个体化原则,考虑患者的疼痛程度、功能状态及运动能力,合理安排训练的强度、频率和时间。研究指出,针对不同患者的临床预测变量(如发病时间、是否合并头痛、肩部前倾等)可以帮助识别更适合伸展及肌肉性能训练的患者群体^[38]。此外,训练效果的持续性依赖于长期随访和个体化调整,结合患者反馈和功能评估动态优化训练方案。总的来说,平衡训练与姿势控制训练在 CNSNP 康复中具有显著的临床应用价值,是改善患者功能障碍和生活质量的关键手段^[39]。

(二) 结合神经调节技术的康复方法

现代康复技术中,神经调节技术如经颅磁刺激(TMS)和经皮电刺激(TENS)在改善 CNSNP 患者的疼痛及神经功能障碍方面展现出潜力。研究表明,非特异性慢性颈痛患者存在中枢痛觉调节机制异常,包括促痛机制增强和抑痛机制受损^[40]。手法治疗等传统康复干预能够部分恢复这些中枢痛觉处理功能,表现为调节性疼痛抑制(CPM)增强和痛觉时间累积(TSP)减弱,提示神经调节机制的改善^[41]。

TMS 通过非侵入性的磁场刺激调节脑皮层神经活动,能够改变疼痛感知和运动功能,对于改善姿势控制和疼痛管理具有潜在价值。TENS 则通过皮肤表面电刺激激活神经纤维,干预疼痛传导路径,减轻疼痛症状。两者结合传统康复训练可形成综合治疗模式,提高康复效果。临床实践中,结合神经调节技术的综合康复方法不仅在缓解疼痛方面有效,还能促进患者的运动功能恢复和心理状态改善^[42]。

此外,经颅磁刺激与物理训练联合应用能够增强神经可塑性,促进运动学习和姿势控制,有助于改善患者的功能障碍。结合虚拟现实技术的神经调节也逐渐兴起,通过沉浸式环境提供多感官刺激,激发神经系统重组和功能恢复,体现出广阔的应用前景^[43]。综上,神经调节技术与传统康复训练相结合的综合治疗模式,为 CNSNP 患者的康复提供了新的思路和方法。

(三) 康复效果的评估与未来发展方向

康复干预效果的多维度评估是确定治疗有效性和优化方案的关键。常用评估指标包括疼痛强度、功能障碍量表(如颈部功能障碍指数 NDI)^[44]、平衡能力测试(如 Biodex Balance SD、Y-Balance Test)、关节位置觉、肌肉弹性及神经生理指标(如 CPM、TSP)等^[45]。此外,心理状态评估如恐惧运动量表(TSK)、疼痛灾难化量表(PCS)对全面了解患者康复情况也至关重要^[46]。

长期随访显示,部分康复效果可能随时间减弱,维持和优化策略尤为重要。研究提出结合认知行为疗法(CBT)等心理干预,有助于缓解慢性颈痛患者的睡眠障碍和情绪问题,从而促进康复效果的持续^[47]。此外,个体化的康复方案调整和持续的功能训练是保证康复效果稳定的重要保障。

新兴技术如虚拟现实(VR)和机器人辅助训练在 CNSNP 康复中展现出广阔前景。VR 通过构建沉浸式环境,增强患者的运动参与度和训练兴趣,促进神经可塑性^[48]。机器人辅助训练能够提供高强度、

重复性和精准的运动训练,改善患者的运动功能和姿势控制^[49]。此外,结合神经调节技术的机器人训练平台正成为未来康复的研究热点^[50]。

未来发展方向应聚焦于多模式、多维度的康复评估体系建设,个性化、精准化的训练方案设计,以及新技术与传统康复的有机融合。同时,加强大规模、多中心的临床研究,验证新技术的临床有效性和安全性,将为慢性非特异性颈痛患者提供更加科学和系统的康复支持。

五、结论

慢性非特异性颈痛(CNSNP)作为一种常见且复杂的临床问题,其对患者平衡能力和姿势控制的影响日益受到神经科学和康复医学领域的关注。大量研究表明,颈部本体感觉输入的异常和中枢神经系统的调节功能紊乱是导致CNSNP患者平衡障碍的核心机制。这一发现不仅深化了我们对CNSNP病理生理的理解,也为临床干预提供了理论依据。

当前研究在揭示CNSNP对神经感知及运动控制系统影响方面取得了显著进展。多项神经影像学和神经电生理研究支持颈部输入信息在中枢整合过程中的关键作用,且中枢神经系统功能的可塑性为康复治疗提供了潜在靶点。然而,不同研究在具体机制和干预效果上存在一定差异,有些研究强调神经调节技术的优势,有些则倾向于综合训练方法的应用。这种多样性反映了CNSNP的异质性和复杂性,也提示我们在临床实践中应注重个体差异,避免“一刀切”的治疗模式。

临床上,CNSNP患者因平衡障碍而面临较高的跌倒风险,进而影响其生活质量和社会功能,这一现实问题不容忽视。基于神经机制的康复策略,如结合平衡训练、姿势控制训练以及神经调节技术的多模态干预,已显示出较好效果。未来的研究应进一步推动多学科合作,整合神经科学、物理治疗、康复工程等领域的优势,制定更具个体化的治疗方案。此外,随着精准医学的兴起,利用先进的神经影像和生物标志物来指导个体化康复干预,将成为提升治疗效果的重要方向。

值得强调的是,深入理解CNSNP与神经系统功能重塑之间的关系,将有助于揭示疾病持续存在和复发的机制。功能神经重塑不仅涉及感觉输入的调整,还包括运动输出及认知层面的变化,这对设计全方位治疗方案具有重要意义。未来研究应加强纵向追踪和多模态评估,探索不同康复方法对神经功能重塑的具体影响,从而优化治疗路径,最终改善患者的长期预后。

综上所述,CNSNP对平衡和姿势控制的影响机制已逐渐明晰,为临床提供了有效干预的理论基础。通过科学整合不同研究成果,强调多学科合作与个体化治疗,有望推动该领域迈向更精准和高效的康复模式,从而切实改善患者的生活质量和功能状态。作为医学综述专家,我们应持续关注前沿研究动态,推动基础研究与临床实践的深度融合,促进CNSNP治疗策略的不断优化与创新。

参考文献

- [1] Shin D W, Shin J I, Koyanagi A, et al. Global, regional, and national neck pain burden in the general population, 1990-2019: An analysis of the global burden of disease study 2019[J]. *Frontiers in Neurology*, 2022, 13: 955367.
- [2] Xu F, Zhang X, Yang M, et al. Magnitude, temporal trend and inequality in burden of neck pain: an analysis of the Global Burden of Disease Study 2019[J]. *BMC musculoskeletal disorders*, 2025, 26(1): 202.
- [3] Hey H W D, Lim J X Y, Ong J Z, et al. Epidemiology of Neck Pain and Its Impact on Quality-of-Life-A Population-Based, Cross Sectional Study in Singapore[J]. *Spine*, 2021, 46(22): 1572-1580.
- [4] Vitta A de, Bento T P F, Perrucini P de O, et al. Neck pain and associated factors in a sample of high school students in the city of Bauru, São Paulo, Brazil: cross-sectional study[J]. *Sao Paulo Medical Journal = Revista Paulista De Medicina*, 2021, 139(1): 38-45.
- [5] Alshehri S H S, Reddy R S, ALMohiza M A, et al. Influence of cervical muscle strength and pain severity on functional balance and limits of stability in elderly individuals with chronic nonspecific neck pain: a cross-sectional study[J]. *BMC geriatrics*, 2025, 25(1): 18.
- [6] Zemková E, Zapletalová L. The Role of Neuromuscular Control of Postural and Core Stability in Functional Movement and Athlete Performance[J]. *Frontiers in Physiology*, 2022, 13: 796097.
- [7] Domeika A, Slapšinskaitė A, Razon S, et al. Effects of an 8-week basketball-specific proprioceptive

training with a single-plane instability balance platform[J]. *Technology and Health Care: Official Journal of the European Society for Engineering and Medicine*, 2020, 28(5): 561-571.

[8] Tapanya W, Sangkarit N. Smartphone Usage and Postural Stability in Individuals With Forward Head Posture: A Nintendo Wii Balance Board Analysis[J]. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 2024, 48(4): 289-300.

[9] Hill M W, Russel K, Wdowski M, et al. Effects of arm movement strategies on emotional state and balance control during height-induced postural threat in young adults[J]. *Gait & Posture*, 2023, 103: 73-79.

[10] Rodrigues A, Bevilaqua-Grossi D, Florencio L L, et al. Balance alterations are associated with neck pain and neck muscle endurance in migraine[J]. *Musculoskeletal Science & Practice*, 2023, 66: 102811.

[11] Peng B, Yang L, Li Y, et al. Cervical Proprioception Impairment in Neck Pain-Pathophysiology, Clinical Evaluation, and Management: A Narrative Review[J]. *Pain and Therapy*, 2021, 10(1): 143-164.

[12] Bernal-Utrera C, González-Gerez J J, Saavedra-Hernandez M, et al. Manual therapy versus therapeutic exercise in non-specific chronic neck pain: study protocol for a randomized controlled trial[J]. *Trials*, 2019, 20(1): 487.

[13] Acet N, Atalay Güzel N, Günendi Z. Effects of Cervical Mobilization on Balance and Proprioception in Patients With Nonspecific Neck Pain[J]. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 2024, 47(5-9): 175-186.

[14] Özel Aslıyüce Y, Demirel A, Ülger Ö. Investigation of Joint Position Sense and Balance in Individuals With Chronic Idiopathic Neck Pain: A Cross-Sectional Study[J]. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 2022, 45(3): 188-195.

[15] Treleaven J. The Role of the Cervical Spine in Dizziness[J]. *Journal of neurologic physical therapy: JNPT*, 2024, 48(4): 1-10.

[16] Filip P, Gallea C, Lehericy S, et al. Disruption in cerebellar and basal ganglia networks during a visuospatial task in cervical dystonia[J]. *Movement Disorders: Official Journal of the Movement Disorder Society*, 2017, 32(5): 757-768.

[17] Bernal-Utrera C, Anarte-Lazo E, Gonzalez-Gerez J J, et al. Effect of Combined Manual Therapy and Therapeutic Exercise Protocols on the Postural Stability of Patients with Non-Specific Chronic Neck Pain. A Secondary Analysis of Randomized Controlled Trial[J]. *Journal of Clinical Medicine*, 2021, 11(1): 84.

[18] Youssef H, Ragaa Abdelraouf O. Posterior neck weighting an innovative and novel head orthosis for forward head posture correction: Randomized controlled trial[J]. *Journal of Orthopaedics*, 2024, 55: 80-85.

[19] Omura Y, Kaminishi K, Chiba R, et al. A Neural Controller Model Considering the Vestibulospinal Tract in Human Postural Control[J]. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 2022, 16: 785099.

[20] Jain D, Porfido T, de Souza N L, et al. Neural Mechanisms Associated With Postural Control in Collegiate Soccer and Non-Soccer Athletes[J]. *Journal of neurologic physical therapy: JNPT*, 2024, 48(3): 151-158.

[21] Hardesty R L, Ellaway P H, Gritsenko V. The human motor cortex contributes to gravity compensation to maintain posture and during reaching[J]. *Journal of Neurophysiology*, 2023, 129(1): 83-101.

[22] An Y W, Kang Y, Jun H P, et al. Anterior Cruciate Ligament Reconstructed Patients Who Recovered Normal Postural Control Have Dissimilar Brain Activation Patterns Compared to Healthy Controls[J]. *Biology*, 2022, 11(1): 119.

[23] Goudarzi L, Ghomashchi H, Vahedi M, et al. Investigating the Effect of Addition of Cervical Proprioceptive Training to Conventional Physiotherapy on Visual, Vestibular and Proprioceptive Dependency of Postural Control in Patients with Chronic Non-Specific Neck Pain: A Randomized Controlled Clinical Trial[J]. *The Archives of Bone and Joint Surgery*, 2024, 12(1): 36-50.

[24] Dohata M, Kaneko N, Takahashi R, et al. Posture-Dependent Modulation of Interoceptive Processing in Young Male Participants: A Heartbeat-Evoked Potential Study[J]. *The European Journal of*

Neuroscience, 2025, 61(4): e70021.

[25] Testa M, Geri T, Gizzi L, et al. High-density EMG Reveals Novel Evidence of Altered Masseter Muscle Activity During Symmetrical and Asymmetrical Bilateral Jaw Clenching Tasks in People With Chronic Nonspecific Neck Pain[J]. The Clinical Journal of Pain, 2017, 33(2): 148-159.

[26] Müller-Thyssen-Uriarte J, Lucha-López M O, Hidalgo-García C, et al. Electromyographic Activity of Cervical Muscles in Patients with Neck Pain and Changes After Dry Needling: A Narrative Review[J]. Journal of Clinical Medicine, 2024, 13(23): 7288.

[27] Gómez F, Escibá P, Oliva-Pascual-Vaca J, et al. Immediate and Short-Term Effects of Upper Cervical High-Velocity, Low-Amplitude Manipulation on Standing Postural Control and Cervical Mobility in Chronic Nonspecific Neck Pain: A Randomized Controlled Trial[J]. Journal of Clinical Medicine, 2020, 9(8): 2580.

[28] Treleaven J. Sensorimotor disturbances in neck disorders affecting postural stability, head and eye movement control[J]. Manual Therapy, 2008, 13(1): 2-11.

[29] Leungbootnak A, Puntumetakul R, Chatprem T, et al. Validity and reliability of the Balance Error Score System (BESS) Thai version in patients with chronic non-specific neck pain[J]. PloS One, 2024, 19(3): e0301386.

[30] Mandalidis D G, Karagiannakis D N. A comprehensive method for assessing postural control during dynamic balance testing[J]. MethodsX, 2020, 7: 100964.

[31] Omura Y, Togo H, Kaminishi K, et al. Analysis of abnormal posture in patients with Parkinson's disease using a computational model considering muscle tones[J]. Frontiers in Computational Neuroscience, 2023, 17: 1218707.

[32] Caña-Pino A, Apolo-Arenas M D, Carmona Del Barco P, et al. Supervised exercise therapy versus laser-guided exercise therapy on postural control in subjects with non-specific chronic low back pain: a randomized controlled clinical trial[J]. European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine, 2023, 59(2): 201-211.

[33] Schedler S, Tenelsen F, Wich L, et al. Effects of balance training on balance performance in youth: role of training difficulty[J]. BMC sports science, medicine & rehabilitation, 2020, 12(1): 71.

[34] Schedler S, Graf S M, Muehlbauer T. Effects of Different Balance Training Volumes on Children's Dynamic Balance[J]. Sports Medicine International Open, 2022, 6(1): E32-E38.

[35] Seo Y G, Park W H, Lee C S, et al. Is Scapular Stabilization Exercise Effective for Managing Nonspecific Chronic Neck Pain?: A Systematic Review[J]. Asian Spine Journal, 2020, 14(1): 122-129.

[36] Shin H J, Kim S H, Hahm S C, et al. Thermotherapy Plus Neck Stabilization Exercise for Chronic Nonspecific Neck Pain in Elderly: A Single-Blinded Randomized Controlled Trial[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2020, 17(15): 5572.

[37] Sahiner Picak G, Yesilyaprak S S. Effects of clinical pilates exercises in patients with chronic nonspecific neck pain: a randomized clinical trial[J]. Irish Journal of Medical Science, 2023, 192(3): 1205-1214.

[38] Daher A, Dar G. Stretching and muscle-performance exercises for chronic nonspecific neck pain: who may benefit most?[J]. Physiotherapy Theory and Practice, 2024, 40(8): 1710-1723.

[39] Özlü A, Ünver G, Tuna H İ, et al. Effects of Interactive Telerehabilitation Practices in Office Workers with Chronic Nonspecific Neck Pain: Randomized Controlled Study[J]. Telemedicine Journal and E-Health: The Official Journal of the American Telemedicine Association, 2024, 30(2): 438-447.

[40] Zabala Mata J, Lascurain-Aguirrebeña I, Dominguez López E, et al. Enhanced Pronociceptive and Disrupted Antinociceptive Mechanisms in Nonspecific Chronic Neck Pain[J]. Physical Therapy, 2021, 101(3): pzaa223.

[41] Mata J Z, Azkue J J, Bialosky J E, et al. Restoration of normal central pain processing following

manual therapy in nonspecific chronic neck pain[J]. PloS One, 2024, 19(5): e0294100.

[42] Basco-López J Á, Rodríguez-Gutiérrez E, Torres-Costoso A, et al. Relaxation techniques in chronic nonspecific neck pain: A systematic review and meta-analysis[J]. Health Psychology: Official Journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association, 2025, 44(8): 756-768.

[43] Guo Q, Zhang Lim, Gui C, et al. Virtual Reality Intervention for Patients With Neck Pain: Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials[J]. Journal of Medical Internet Research, 2023, 25: e38256.

[44] Huang Z, Yan J, Li S, et al. Psychometric validation of the simplified Chinese Copenhagen Neck Functional Disability Scale in patients with chronic nonspecific neck pain[J]. PM & R: the journal of injury, function, and rehabilitation, 2023, 15(7): 837-846.

[45] Rotter G, Fernholz I, Binting S, et al. The effect of osteopathic medicine on pain in musicians with nonspecific chronic neck pain: a randomized controlled trial[J]. Therapeutic Advances in Musculoskeletal Disease, 2020, 12: 1759720X20979853.

[46] Asiri F, Reddy R S, Tedla J S, et al. Kinesiophobia and its correlations with pain, proprioception, and functional performance among individuals with chronic neck pain[J]. PloS One, 2021, 16(7): e0254262.

[47] Ploutarchou G, Savva C, Karagiannis C, et al. The effectiveness of cognitive behavioural therapy in chronic neck pain: A systematic review with meta-analysis[J]. Cognitive Behaviour Therapy, 2023, 52(5): 523-563.

[48] Pooranawatthanakul K, Cannong J, Thanasombut T, et al. Comparing Virtual Reality and Balance Beam Training vs. Virtual Reality Alone for Balance Improvement[J]. Journal of Motor Behavior, 2025, 57(4): 415-430.

[49] Luo S, Yu H. Robot-Assisted Training to Improve Proprioception of Wrist[J]. IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering: a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2024, 32: 570-576.

[50] Xu J, Huang K, Zhang T, et al. A rehabilitation robot control framework with adaptation of training tasks and robotic assistance[J]. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 2023, 11: 1244550.

Effects of Chronic Nonspecific Neck Pain on Patients' Balance and Postural Control, and Corresponding Mechanisms and Interventions: A Review

Yinghao Shen¹, Zhuangzhaung Miao¹, Pengfei Cheng¹, Zhidong Shen², Junjie Liu^{1*}

(¹ Harbin sport university, Harbin, Heilongjiang; ² Clinical Medicine Department, Shenyang Medical College, Shenyang, Liaoning)

Abstract: Chronic Nonspecific Neck Pain (CNSNP) is a common and complex clinical condition that significantly impairs patients' quality of life and functional performance. In recent years, with the deepening understanding of the role of the central nervous system (CNS) in pain modulation, a growing number of studies have focused on the balance ability and postural control mechanisms in patients with CNSNP. Existing research has shown that chronic neck pain not only causes local structural and functional impairments but also interferes with patients' postural stability and balance regulation ability by affecting the neural sensory and motor control systems. However, there are still deficiencies in the current understanding of the specific pathways of its neural mechanisms and the corresponding clinical assessment methods. This article systematically reviews the effects of chronic nonspecific neck pain on balance ability, elaborates on the neural regulatory mechanisms related to postural control, and evaluates the effectiveness of various rehabilitation intervention strategies. Based on the latest research progress, this article aims to provide theoretical support and clinical guidance for this field, promote the development of more effective treatment protocols, and facilitate the improvement of functional recovery and quality of life in patients with chronic neck pain.

Keywords: Chronic Nonspecific Neck Pain; Balance Ability; Postural Control; Neural Mechanism; Rehabilitation Intervention