

枕下肌群功能异常与视觉疲劳的关联机制及运动干预

侯有为

(北京海愿出版咨询有限公司, 北京 100872)

摘要:随着数字终端设备的普及,视觉疲劳已成为影响现代人群健康与工作效能的重要问题。本文介绍枕下肌群的解剖特点,阐明枕下肌群作为"感觉器官"而非单纯运动器官的神经生理学基础,在此基础上构建"头前伸姿势→枕下肌群持续紧张→肌梭敏感性改变→头眼协调下降→眼球运动补偿增加→视觉稳定下降→视觉疲劳"的病理机制模型。视觉稳定依赖于视觉、前庭与颈部本体感觉三大系统的协同整合,枕下肌群功能异常导致的颈源性本体感觉输入紊乱是视觉疲劳的重要成因。据此提出包括枕下肌群放松、深层颈屈肌训练、头眼协调训练及平衡训练在内的综合运动干预方案,为体育与健康领域的临床实践与未来研究提供参考。

关键词:枕下肌群;视觉疲劳;头前伸姿势;颈眼反射;前庭眼反射;运动干预

Association Mechanism and Exercise Intervention Study of Suboccipital Muscle Dysfunction with Visual Fatigue

Hou Youwei

(Beijing Haiyuan Publishing Consulting Co., Ltd., Beijing 100872, China)

Abstract: With the widespread use of digital devices, visual fatigue has become a significant issue affecting the health and work efficiency of modern populations. This article describes the anatomical characteristics of the suboccipital muscle group and clarifies its neurophysiological basis as a "sensory organ" rather than merely a motor structure. Based on this understanding, we establish a pathological mechanism model: "forward head posture → sustained tension in the suboccipital muscles → altered muscle spindle sensitivity → impaired head-eye coordination → increased compensatory eye movements → reduced visual stability → visual fatigue." Visual stability relies on the integrated function of the visual, vestibular, and cervical proprioceptive systems. Disruption of proprioceptive input from the neck due to dysfunction of the suboccipital muscles is a key contributor to visual fatigue. Accordingly, we propose a comprehensive exercise intervention program including relaxation of the suboccipital muscles, training of deep neck flexors, head-eye coordination exercises, and balance training, offering practical guidance for clinical applications and future research in sports and health sciences.

Keywords: Suboccipital muscles; visual fatigue; forward head posture; neck-eye reflex; vestibulo-ocular reflex; exercise intervention

引言

数字时代的到来深刻改变了人类的工作与生活方式。长时间使用电脑、智能手机等视觉终端设备已成为日常常态,由此引发的视觉疲劳(visual fatigue)问题日益严重且普遍。视觉疲劳又称视疲劳(asthenopia),主要表现为眼干涩、视物模糊、眼周疼痛、畏光、注意力难以集中等症状,严重时可伴随头痛、颈肩酸痛及全身不适。流行病学调查显示,视觉疲劳已成为职业健康领域的重要议题[1-3]。

视觉功能的维持并非仅依赖眼部结构,而是需要视觉、前庭与本体感觉三大系统协同工作的复杂过程。运动科学领域的研究已经表明,体育锻炼能够改善视觉功能,提高动态视敏度与注视稳定性。枕下肌群(suboccipital muscles)具有独特的结构特征——高密度的肌梭分布以及与硬脑膜的直接纤维连接(即所谓的"肌硬膜桥",myodural bridge)。这些特征表明枕下肌群在功能上更

接近感觉器官,其传入信号对头部空间定位、眼球运动控制及姿势维持具有重要调控作用[4]。枕下肌群功能出现异常后会影响到颈部本体感觉的输入进而导致视觉功能下降。

本文阐述枕下肌群参与视觉控制的神经生理学机制,构建枕下肌群功能异常导致视觉疲劳的理论模型,进而提出针对性的运动干预方案。

1 枕下肌群的解剖学特点

1.1 四块枕下肌的精细结构

枕下肌群位于枕骨下方、寰椎(C1)与枢椎(C2)后方,是颈部最深层的肌肉群,由四对短小而强韧的肌肉组成,它们分别是:头后大直肌(Rectus capitis posterior major),起自枢椎棘突,止于枕骨下项线外侧,主要功能为头部后伸及同侧旋转;头后小直肌(Rectus capitis posterior minor),起自寰椎后弓,止于枕骨下项线内侧,参与头部后伸及精细调控;头上斜肌(Obliquus

capitis superior), 起自寰椎横突, 止于枕骨下项线外侧, 协助头部侧屈及后伸; 头下斜肌 (Obliquus capitis inferior), 起自枢椎棘突, 止于寰椎横突, 主要负责头部旋转。

这四块肌肉虽然微小, 却功能非常重要。它们深藏于颈后肌群的最深层, 直接附着于颅底与上颈椎, 对头部每一度的倾斜与旋转进行精细调控[5,6]。

1.2 高密度的肌梭: 本体感觉的神经基础

在解剖学上, 枕下肌群最突出的特征是具有极高的肌梭 (muscle spindle) 密度。肌梭是感知肌肉长度与长度变化速率的本体感受器, 是维持姿势与运动控制的重要神经末梢器官。枕下肌群每克组织所含的肌梭数量远高于身体的其他骨骼肌, 其密度甚至可与控制精细运动的眼外肌相媲美[7]。

这一特征意味着, 枕下肌群不仅是运动的执行者, 更是头部空间位置信息的"传感器"。肌梭持续向中枢神经系统发送关于头部姿态、运动方向与速度的反馈信号, 这些信息对于维持平衡、协调眼球运动及稳定视觉具有不可替代的作用。

1.3 肌硬膜桥: 与中枢神经系统的直接连接

枕下肌群与硬脑膜 (dura mater) 的纤维直接连接, 这一结构非常独特, 被称为"肌硬膜桥" (myodural bridge)。解剖学研究证实, 头后小直肌和头后大直肌通过结缔组织纤维直接附着于颈椎硬脊膜, 形成一条从肌肉到中枢神经被膜的物理通路[8]。

学界对肌硬膜桥的功能与意义尚不明确, 但已有学者提出, 该结构可能在脑脊液循环调节、硬膜张力维持及颅颈交界区的力学传感中发挥作用。这一连接使枕下肌群成为全身唯一直接与中枢神经系统被膜相连的骨骼肌, 进一步支持了其作为"感觉器官"的功能定位。

高密度肌梭提供的丰富的本体感觉输入、肌硬膜桥建立的中枢神经直接联系, 以及其在头部精细运动中的调控角色, 根据这些解剖特征, 枕下肌群已远超肌肉的传统定义, 更像是埋藏于颅颈交界处的精密的"传感器阵列", 持续向大脑传递头部空间定位的关键信息。枕下肌群如同人体的"内置VR头盔", 其功能状态直接影响着我们对空间的感知与视觉的稳定。

2 枕下肌群参与视觉控制的机制

2.1 视觉稳定的多系统整合模型

视觉的清晰与稳定有赖于视网膜成像的精确与恒定。当头部运动时, 为使外界景物在视网膜上的投影保持稳定, 眼球必须产生精确的代偿运动。这一过程并非由单一系统完成, 而是视觉、前庭与颈部本体感觉三大系统协同整合的结果。

颈部本体感觉系统, 特别是来自枕下肌群的传入信号, 在这一整合过程中扮演着关键角色。颈部本体感觉与视觉、前庭信号在中枢神经系统 (尤其是前庭核团与小脑) 汇聚整合, 最终输出协调的头-眼运动指令[9]。

2.2 头眼协调

头眼协调 (head-eye coordination) 是视觉导向行为的核心。在日常生活中, 当我们注视一个目标时, 往往先启动头部运动, 随后眼球以更精细的运动锁定目标。这一过程中, 枕下肌群的本体感觉反馈为大脑提供头部运动的速度与方向信息, 使眼球能够提前做出补偿, 从而缩短视觉锁定时间, 提高注视效率。

枕下肌群与眼外肌之间存在着解剖学上的功能联系。研究观察到, 眼球转动时枕下肌群会出现同步的张力变化, 反之, 枕下肌群的紧张也会影响眼球的运动轨迹。这种紧密的"眼-颈联动"关系, 使枕下肌群成为头眼协调的关键环节[10]。

2.3 颈眼反射

颈眼反射 (Cervico-Ocular Reflex, COR) 是由颈部本体感觉输入诱发的眼球代偿性运动反射。当颈部肌肉感受到躯干相对于头部的旋转时, COR触发眼球的逆向运动, 以维持视线在空间中的稳定。

COR在低频、大幅度的头部运动中尤为活跃, 其增益 (即眼球运动幅度与颈部刺激幅度的比值) 反映了颈部本体感觉对眼球运动的驱动效率。一项针对慢性颈痛患者的研究发现, 颈痛患者的COR增益 (中位数0.41) 显著高于健康对照组 (中位数0.231), 提示颈部本体感觉异常会导致COR的异常升高。这种异常升高可能是中枢神经系统为补偿VOR功能下调而做出的代偿性调整, 但同时也意味着眼球运动的精确性下降, 增加了视觉疲劳的风险。

2.4 前庭眼反射

前庭眼反射 (Vestibulo-Ocular Reflex, VOR) 是维持视觉稳定的核心机制。当头部快速转动时, 半规管感知角加速度, 通过前庭眼反射通路驱动眼球产生等速反向运动, 使注视目标在视网膜上的成像保持稳定。VOR的增益约为1.0, 即眼球转动速度与头部转动速度相等而方向相反。

颈部本体感觉与前庭信号之间存在着密切的交互作用。研究表明, 颈部肌肉疲劳会显著降低动态视敏度 (Dynamic Visual Acuity, DVA), 这意味着即使VOR的前庭输入正常, 颈部本体感觉输入的质量下降也会导致VOR功能表达受损。颈部肌梭传入信号与前庭信号在前庭核团发生汇聚整合, 任一通道的异常都会影响最终的眼球运动输出[11]。

2.5 本体感觉输入的神经通路

枕下肌群肌梭的传入信号经颈神经后根 (主要是C1-C3节段) 进入脊髓, 在脊髓颈段中央核 (Central Cervical Nucleus, CCN) 换元后, 上传至小脑与前庭核团。CCN是小脑接收颈部本体感觉信息的门户, 其发出的纤维投射至小脑皮质, 参与姿势平衡与身体定向的整合调控。

同时, 上颈椎的本体感觉信号还直接投射至上丘 (Superior Colliculus), 参与视觉空间注意与眼动指令

的生成。这一多通路的投射模式表明，枕下肌群的本体感觉输入对眼动控制具有多重影响。

2.6 小脑的整合作用

小脑是视觉-前庭-本体感觉三大系统信号整合的核心枢纽。来自颈部的本体感觉信息、前庭信号与视觉传入在小脑皮质汇聚，经小脑深部核团的加工后，输出协调的VOR、COR及脊髓反射指令。

小脑对COR的调控尤为关键。COR并非简单的反射弧，而是受小脑持续调节的可塑性反射。当颈部本体感觉输入异常时，小脑会尝试通过调整VOR与COR的增益配比来维持视觉稳定。但这种代偿是有代价的——增益配比的失调意味着眼球运动的不精确性增加，视觉系统需要付出额外的调节努力，最终导致视觉疲劳的累积。

2.7 整合：视觉稳定依赖三大系统协同

综上所述，视觉稳定并非视觉系统的"独角戏"，而是视觉、前庭与颈部本体感觉三大系统协同工作的结果。枕下肌群作为颈部本体感觉的最重要来源，其功能状态直接影响COR的增益水平、VOR与COR的协调配合，以及小脑对眼动指令的整合质量[12]。

这一认识具有重要的临床意义：任何导致枕下肌群功能异常的因素——无论是姿势不良、肌肉疲劳还是直接损伤——都可能通过上述通路引发视觉功能的下降。视觉疲劳的"病根"，可能并不在眼睛，而在脑后——枕下肌群。

3 枕下肌群功能异常导致视觉疲劳的机制模型

3.1 电脑前久坐的负担

当代办公室工作者的典型姿态是：头部前伸、颈椎前屈、肩部上提。这一姿态在解剖学上被称为"头前倾姿势"(Forward Head Posture, FHP)。在正常姿态下，头部重心应位于脊柱的正上方，颈后肌群只需维持较小的张力即可承托头部(约4.5-5kg)。然而，当头前倾时，头部重心前移，颈部伸肌必须成倍增加收缩力来维持头部位置。

研究显示，颅椎角(Craniovertebral Angle, CVA)是评估头前倾姿势的客观指标。CVA小于50度即提示存在头前倾，而中度至重度的FHP患者CVA值可低至40.7°至43.2°。在长期电脑办公人群中，这一比例尤为突出。

3.2 枕下肌群持续紧张

头前倾姿势下，位于颅颈交界处的枕下肌群首当其冲。为了维持视线水平(以便看清屏幕)，枕下肌群需要持续收缩以将后仰的头部拉回水平位。这种持续的低强度收缩使枕下肌群长期处于紧张状态，引发肌肉疲劳、局部缺血与代谢产物堆积。

枕下肌群的紧张不仅表现为肌肉本身的僵硬与酸痛，更关键的是其本体感觉功能受到影响。持续的肌肉收缩会改变肌梭的敏感性——肌梭的传入放电模式发生变化，导致向上级中枢传递的"头部位置信号"产生偏差。

3.3 肌梭敏感性改变与颈部本体感觉下降

肌梭的敏感性改变是核心环节。当枕下肌群长期处于

缩短或过度拉伸的位置时，肌梭的静息放电频率及其对长度变化的响应特性均发生改变。这种改变导致中枢获得的颈部本体感觉信息失真——大脑对头部实际空间位置的"感知"出现偏差。

本体感觉下降可直接通过颈椎关节位置误差(Joint Position Error, JPE)测试来评估。研究显示，颈椎本体感觉缺陷者的JPE值往往大于4.5度，意味着他们无法准确感知头部在空间中的位置。

3.4 头眼协调功能下降

颈部本体感觉的失真是头眼协调下降的直接原因。当大脑无法精确获知头部的位置与运动参数时，眼球运动的"前馈控制"便失去了可靠依据。为了维持注视，眼球运动系统必须依赖更多的"反馈控制"——即在眼球已经偏离目标后再进行校正。

COR的异常升高是这一变化的典型表现。如前所述，慢性颈痛患者的COR增益显著高于健康人。COR增益升高意味着眼球对颈部输入信号的反应过度，眼球运动不再精确匹配头部的实际运动，视觉目标的锁定变得更加困难。

3.5 眼球运动补偿增加

为了弥补头眼协调的下降，眼球运动系统被迫采取代偿策略。这表现为：平滑追踪运动的精确性下降，眼球需要更多的"纠正性扫视"来重新锁定目标；注视稳定性下降，注视过程中微小的眼球漂移增多，需要更多的微扫视来维持目标成像在中央凹；眼跳的准确性降低，眼跳后的落点偏离目标，需要二次校正。

这些代偿性眼球运动增加意味着眼外肌的工作负荷显著上升。长时间的眼球代偿运动导致眼外肌疲劳、眼周肌肉紧张、泪液分泌异常，最终表现为典型的"视觉疲劳"症状——眼干、视物模糊、眼部酸痛。

3.6 视觉疲劳的产生

视觉疲劳是上述连锁反应的最终结果。在此模型中，视觉疲劳的本质并非单纯的"眼睛累"，而是"眼-颈整合系统"功能失调的外在表现。其病理生理机制可概括为如下几种因素：机械因素，枕下肌群紧张可压迫穿行的枕大神经与椎动脉，引发头痛与脑供血不足；反射因素，颈部本体感觉异常通过COR通路导致眼球运动不精确，增加眼外肌负荷；整合因素：视觉-前庭-本体感觉的信号冲突使中枢整合效率下降，视觉信息处理需要更多认知资源，加剧"脑疲劳"。

3.7 模型总结

综合上述分析，枕下肌群功能异常导致视觉疲劳的机制模型可概括如下：

长期电脑办公/手机使用→头前伸姿势(颅椎角减小)→枕下肌群持续紧张、短缩→肌梭敏感性改变(本体感觉传入失真)→颈部本体感觉下降(关节位置误差增大)→COR异常升高/头眼协调下降→眼球代偿运动增加(注视稳定性下降、扫视准确性降低)→眼外肌负荷增加→视觉疲劳

该模型将视觉疲劳的"病源"从眼部延伸至颈部的枕下肌群，揭示了姿势-本体感觉-眼动控制之间的因果链条。这一模型为视觉疲劳的预防与干预提供了全新的靶点——与其仅仅"治眼"，不如同时"治颈"。

4 体育运动干预方案

4.1 干预设计的原则

基于前述机制模型，针对枕下肌群功能异常所致视觉疲劳的运动干预应遵循三个原则。第一，松解紧张——缓解枕下肌群的过度紧张，恢复其正常的本体感觉功能；第二，改善姿势——纠正头前倾姿势，从源头减轻枕下肌群的负荷；第三，重建功能——通过头眼协调与平衡训练，重建视觉-前庭-本体感觉的协同整合能力。

下文的干预方案是综合现有研究与临床经验提出的，可根据干预对象的具体情况进行调整。

4.2 训练一：枕下肌群放松训练

目的：缓解枕下肌群的过度紧张，恢复肌梭的正常敏感性，改善颈部本体感觉输入质量。

方法一：筋膜球按压

仰卧位，屈膝，将一筋膜球（或网球）置于枕骨下缘发际线处，即枕下肌群的体表投影位置。利用头部自重让球缓缓按压目标区域，可配合缓慢的"点头"与轻微摇头动作，使球在枕下肌群进行滚动松解。每侧持续1-2分钟。

方法二：手法松解

坐位或仰卧位，双手拇指置于枕骨下缘两侧凹陷处（风池穴区域），做轻柔的画圈按揉，力度以有酸胀感但不引起剧痛为宜。每次持续1-2分钟，每日2-3组。

方法三：主动牵伸

坐位，双手十指交叉置于后脑勺，轻轻将头部向前下方牵拉（下巴靠近锁骨方向），感受颈后部的牵伸感。保持15-30秒，重复3-5次。注意动作需缓慢、轻柔。

注意事项：放松训练应避免过度用力，尤其注意不可直接按压颈椎棘突。初次进行时如有头晕感应暂停休息。

4.3 训练二：深层颈屈肌训练

目的：强化颈部深层屈肌（主要是头长肌、颈长肌），恢复颈椎的生理前凸，改善头前倾姿势，从根本上减轻枕下肌群的代偿性负荷。

方法一：下巴后缩

坐位或仰卧位，保持头部水平，做"挤双下巴"动作——将下巴水平向后平移，使后脑勺靠近后方，感受颈前深层肌肉的收缩。保持3-5秒后放松。每组10-15次，每日3组。

进阶版：在靠墙站立位进行，要求腰背贴墙，后脑勺尽可能贴近墙面，同时目视前方。

方法二：仰卧颈屈肌静力收缩

仰卧位，屈膝，下巴微收使颈椎后部贴紧床面。在此位置用轻微力量将头部压向床面（但不要真的抬离），保持颈前屈肌的等长收缩。保持5-10秒，放松。每组10次，每日2-3组。

注意事项：动作的关键在于"下巴内收"而非"低头"，需

要区分二者的区别。低头会使颈后肌群进一步紧张，适得其反。

4.4 训练三：头眼协调训练

目的：通过主动的头-眼配合运动，改善COR的增益调控，提高头眼协调的精确性。

方法一：固定视线转头训练

坐位，选择视线水平的一个固定目标点（如墙上的一点）。保持视线锁定该目标，缓慢向左右方向转动头部至最大幅度（约45度），过程中保持眼睛始终注视目标点。每侧10次，每日2-3组。

方法二：头部转动配合眼球扫视

坐位，头部保持不动，眼球在水平方向快速左右扫视至视野极限，每方向10次。随后切换至垂直方向。头部保持静止，仅通过眼球运动激活与枕下肌群的联动。

方法三：头部-眼球同向追踪

坐位，一手持笔置于眼前约30cm处。缓慢将笔向左移动，同时头部随之向左转动，眼球保持追踪笔尖。左右各10次，每日2组。

注意事项：转头速度应缓慢、匀速，以不引起头晕为宜。初期可减小转头幅度，逐步增加。

4.5 训练四：平衡训练

目的：通过不稳定的支撑面训练，激活视觉-前庭-本体感觉的整合通路，提高三大系统协同工作的能力，间接改善视觉稳定性。

方法一：单腿站立+眼球追踪

单腿站立（初期可手扶墙壁或桌椅），保持平衡。另一手持目标物（如笔或手指）在眼前水平方向缓慢移动，眼球追踪目标移动。保持30-60秒，换另一侧。每日2-3组。

进阶版：闭眼单腿站立（需确保安全环境），减少视觉输入后，前庭与本体感觉的整合需求增加。

方法二：不稳定平面站立

站立于软垫或平衡垫上，双脚与肩同宽，尝试维持身体平衡。同时进行前述的头眼协调训练（如固定视线转头），进一步增加感觉整合的挑战。

注意事项：平衡训练需确保环境安全，避免跌倒。老年人或有平衡障碍者应有人在旁保护。

4.6 训练方案总结

本文建议的综合干预方案见表1。

表1 干预方案

训练内容	频率	单次时间	建议时段
枕下肌群放松	每日1-2次	5-10分钟	工作间歇
深层颈屈肌训练	每日2-3组	每组3-5分钟	早晨/工作间歇
头眼协调训练	每日2组	每组5分钟	午休/傍晚
平衡训练	每日1组	每组5分钟	傍晚

5 局限与建议

5.1 现有研究的局限

尽管解剖学、神经生理学与临床观察已为枕下肌群-视觉疲劳关联提供了充分的理论依据，但现有证据仍存在以

下局限：因果验证不足，多数研究为横断面设计或机制推导，缺乏随机对照试验（RCT）对“枕下肌群干预→视觉功能改善”这一因果链条的直接验证；评估工具标准化欠缺，视觉疲劳的评估工具（如ASQ-17问卷）在不同研究中存在差异，颈椎本体感觉的评估方法（如JPE测试）也尚未统一；干预方案的剂量效应不明，目前尚不清楚运动干预的最佳频率、强度与周期，也缺乏对干预效果维持时间的长期随访数据。

5.2 对于未来研究的建议

基于上述局限，建议未来研究从四个方向展开。

方向一：随机对照试验验证因果机制

设计严谨的RCT，纳入有头前倾姿势与视觉疲劳症状的受试者，随机分为干预组（枕下肌群放松+颈屈肌训练+头眼协调训练）与对照组（常规眼部放松或空白对照），比较两组在视觉疲劳评分（ASQ-17）、颈椎关节位置误差（JPE）、颈椎角（CVA）及动态视敏度（DVA）等方面的差异。

方向二：头眼协调训练对动态视力的影响

以运动员或需高动态视觉表现的人群（如球类运动员、驾驶员）为研究对象，评估头眼协调训练对动态视敏度、反应时及运动表现的影响，探索该训练在运动训练中的应用价值。

方向三：干预对阅读与学习表现的影响

以学生群体为对象，评估枕下肌群干预方案对阅读流畅性、学习效率及主观视觉舒适度的影响，为教育健康干预提供依据。

方向四：机制研究

借助功能性磁共振成像（fMRI）或经颅磁刺激（TMS）等技术，进一步揭示颈部本体感觉输入影响视觉皮层与小脑整合过程的神经机制。

结语

基于运动神经科学和体育健康理论，本文对枕下肌群功能异常与视觉疲劳之间的关联机制进行了分析，探讨了运动干预的设计与应用。研究发现：枕下肌群不仅是维持头颈稳定的重要肌群，也是人体重要的感觉调节结构；视觉疲劳的形成并非完全由眼部局部因素决定，还可能涉及视觉系统、前庭系统和颈部本体感觉系统之间的信息整合过程；枕下肌群功能异常可能通过改变颈部本体感觉输入，影响颈眼反射（COR）与前庭眼反射（VOR）的协调效率，降低头眼协调能力，增加视觉系统补偿负荷，从而促进视觉疲劳症状产生；运动干预可能成为改善视觉疲劳的重要辅助方式；未来研究应加强基础机制与临床应用之间的联系，进一步明确枕下肌群在视觉疲劳发生发展过程中的具体作用，建立更加科学、规范、可推广的运动干预体系。□

参考文献

- [1] KAUR K, GURNANI B, NAYAK S, et al. Digital eye strain: A comprehensive review[J]. Ophthalmology and

Therapy,2022,11:1655-1680.

- [2] MATAFTSI A, SELINIOTAKI A K, MOUTZOURI S, et al. Digital eye strain in young screen users: A systematic review[J]. Preventive Medicine,2023,170:107493.
- [3] ALHARBI A, ALMUTAIR A, ALHARBI A, et al. Prevalence of computer vision syndrome during the COVID-19 pandemic: A systematic review and meta-analysis[J]. BMC Public Health,2024,24:640.
- [4] HACK G D, KORITZER R T, ROBINSON W L, et al. Anatomic relation between the rectus capitis posterior minor muscle and the dura mater. Spine,1995,20(23):2484-2486.
- [5] NETTER F H. Atlas of Human Anatomy[M]. 7th ed. Philadelphia: Elsevier, 2019.
- [6] PANJABI M M. The stabilizing system of the spine. Part I: Function, dysfunction, adaptation, and enhancement[J]. Journal of Spinal Disorders, 1992,5(4):383-389.
- [7] BOYD-CLARK L C, BRIGGS C A, GALEA M P. Muscle spindle distribution, morphology, and density in longus colli and multifidus muscles of the cervical spine[J]. Spine,2002,27(7):694-701.
- [8] KAHKESHAHI K, WARD P J. Connection between the spinal dura mater and suboccipital musculature: evidence for the myodural bridge[J]. Clinical Anatomy,2012,25(4):415-422.
- [9] AMIN F S, ABDEL-AAL N M, EL SHATER B S. Effect of Maitland mobilization versus deep cervical flexors muscles training on proprioception in adults with chronic mechanical neck pain: A randomized controlled trial[J]. Bulletin of Faculty of Physical Therapy, 2024,29:34. DOI:10.1186/s43161-024-00200-y.
- [10] LUBETZKY A V, HAREL D, KRISHNAMOORTHY S. Decrease in head sway as a measure of sensory integration following vestibular rehabilitation: A randomized controlled trial[J]. Journal of Vestibular Research, 2023,33(3):213-226. DOI:10.3233/VES-220107.
- [11] KOUZAKI M, et al. Impact of subclinical neck pain on eye and hand movements in goal-directed upper limb aiming movements[J]. Human Movement Science, 2024,96:103238. DOI:10.1016/j.humov.2024.103238.
- [12] ALDAWSARY N, ALMARWANI M. The combined effect of gaze stability and balance exercises using telerehabilitation in individuals with vestibular disorders during the COVID-19 pandemic: A pilot study[J]. PLoS ONE, 2023,18(5):e0282189. DOI:10.1371/journal.pone.0282189.

作者简介:侯有为,男,健身教练,主要研究运动康养和理疗。

收稿日期:2026-05-15

修回日期:2026-06-18

接受日期:2026-07-19

版权为作者所有。本文为开放获取文章,遵循知识共享署名(CC BY)许可协议(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)的条款和条件进行发布。

Copyright by the authors.This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).