

腹壁功能的研究进展

刘付恒,元志龙,陈双,曾兵*,李英儒*

中山大学附属第六医院 疝与腹壁外科, 广东 广州 510655

【摘要】 腹壁功能(abdominal wall function, AWF)是指腹直肌、腹外斜肌、腹内斜肌和腹横肌等肌肉群在维持躯体稳定、控制躯干运动及调节腹内压方面的综合作用。AWF障碍与腹壁疝、慢性腰痛、盆底功能障碍、呼吸效率下降及姿势异常等临床问题密切相关。本文系统梳理了AWF三大主要功能的评估方法,包括躯体稳定功能评估(直腿放下测试、Janda肌肉功能测试、腹部躯干功能测试、以表现为导向的行动能力测试量表以及Cybex/Biodex测力计)、运动控制能力评估(躯干抬起测试、仰卧起坐测试、Cybex/Biodex测力计、简易测力计及问卷量表评估)和腹内压调节能力评估(采用腹壁张力测量、便携式口腔压力计等间接反映)。当前评估工具提供了多样的选择,但需根据评估目的、目标人群、可用资源及患者因素进行个体化权衡与组合应用。未来需提升简易工具的客观性,并整合客观数据与患者报告结局,以优化AWF评估策略,精准指导康复干预。

【关键词】 腹壁功能; 核心稳定性; 运动控制; 个体化评估; 术后康复

Research progress on abdominal wall function

Liu Fuheng, Yuan Zhilong, Chen Shuang, Zeng Bing*, Li Yingru*

Department of Hernia and Abdominal Wall Surgery, the Sixth Affiliated Hospital of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510655, Guangdong, China

*Corresponding authors: Li Yingru, E-mail: liyingru@mail.sysu.edu.cn; Zeng Bing, E-mail: zengbing3@mail.edu.cn

【Abstract】 The abdominal wall function (AWF) refers to the comprehensive role of muscle groups such as the rectus abdominis, external oblique abdominis, internal oblique abdominis and transverse abdominis in maintaining body stability, controlling trunk movement and regulating intra-abdominal pressure. AWF disorder is closely related to clinical problems such as abdominal wall hernia, chronic low back pain, pelvic floor dysfunction, decreased respiratory efficiency and abnormal posture. This article systematically reviews the evaluation methods of the three core functions of AWF, including body stability assessment (straight leg lowering test, Janda muscle function test, abdominal trunk function protocol, performance-oriented mobility assessment scale and Cybex/Biodex dynamometer), motor control ability assessment (trunk lifting test, sit-up test, Cybex/Biodex dynamometer, simple dynamometer and questionnaire scale) and intra-abdominal pressure regulation ability assessment (indirect reflection through abdominal wall tension measurement, portable oral manometry, etc.). The current assessment tools offer a variety of options, but individualized trade-offs and combined applications need to be made based on the assessment purpose, target population, available resources and patient factors. In the future, it is necessary to enhance the objectivity of simple tools, and integrate objective data and patient-reported outcomes to optimize the AWF assessment strategy and precisely guide rehabilitation intervention.

【Key words】 Abdominal wall function; Core stability; Motor control; Individualized assessment; Postoperative rehabilitation

基金项目:国家自然科学基金(81973858,82172790)

*通信作者:李英儒, E-mail: liyingru@mail.sysu.edu.cn; 曾兵, E-mail: zengbing3@mail.edu.cn

腹壁功能(abdominal wall function, AWF)指的是腹壁肌肉群在维持躯体稳定、躯干运动和调节腹内压3个主要方面的综合作用。腹壁肌肉群主要包括腹直肌、腹外斜肌、腹内斜肌和腹横肌,它们共同参与核心稳定维持、躯干运动控制和腹内压调节,但各自的主要功能侧重有所不同^[1-2]。其中腹直肌主要作用为控制躯体屈曲和稳定性,腹外斜肌和腹内斜肌主要控制躯干的旋转和侧屈,而腹横肌的作用则以调节腹腔内压力为主。这些肌肉群协同作用,控制躯干进行屈曲、侧屈和旋转,并维持躯体的姿势稳定;同时维持和调节腹内压,辅助躯体进行呼吸、排泄和分娩等,并在一定程度上保护腹腔内脏器免受外力损伤^[3]。腹壁的功能障碍或结构薄弱可导致一系列临床问题,包括腹壁疝形成、慢性腰痛、盆底功能障碍、呼吸效率下降以及姿势异常等^[4-5]。

1 腹壁肌肉的功能

1.1 维持躯体稳定

腹壁肌肉具有维持核心稳定性的功能,在维持躯体站立、坐姿、弯腰、转身和侧屈等姿势中发挥重要作用,其功能发挥与肌肉的完整性和耐力相关。核心稳定性指的是身体核心区域的肌肉群(包括腹部、腰部和臀部的肌肉)在运动过程中保持躯体稳定以及控制、支撑躯体的能力^[6-7]。核心稳定性是身体整体运动和力量传递的基础,关乎身体的平衡、协调和力量输出。腹壁肌肉通过持续的张力性收缩,为腰椎和骨盆的稳定性提供关键的支撑力量,帮助维持整体身体的稳定性。腹壁肌肉的稳定作用对于减少腰背痛和脊柱损伤的发生具有重要意义,其在运动过程中或长时间维持姿势中可以显著降低脊柱因失稳而受伤的风险。

核心肌群功能的弱化是导致姿势不良和脊柱相关疾病的重要病理因素之一^[8]。核心肌群尤其是腹壁肌肉的功能减弱会导致脊柱的稳定性降低,进而引起姿势失调,如驼背、骨盆前倾等,并增加脊柱承受异常应力的风险。长期的稳定性缺失会加速脊柱结构的退变,是诱发慢性腰背痛、椎间盘突出以及肌肉劳损等常见问题的重要原因。特别是在需要长时间维持固定姿势或进行重复性动作时,强大的腹壁肌肉稳定性对于脊柱保护尤为关键。

因此,维持和增强腹壁肌肉的耐力,对于姿势

保持、协助运动以及预防脊柱损伤至关重要。通过加强腹壁肌肉的训练,可以显著改善核心稳定性,从而减轻背部疼痛、改善身体姿态、提升运动表现,并为日常活动提供更可靠的支持和保护^[9-10]。

1.2 运动控制

腹壁肌群是驱动和控制躯干完成屈曲、旋转和侧屈等动作的主要动力源^[11]。腹壁肌肉可以控制或协助人体进行弯腰、坐起、行走、跑步、跳跃等活动,增强腹肌强度可以显著提升运动表现^[12-13]。腹肌运动功能的评价可以分为腹肌强度和活动协调性2个关键维度。

腹肌强度指的是腹壁肌群在执行高强度、需要快速或大力量输出的运动时所展现出的力量和爆发力。腹肌强度对于人体整体的运动表现和高效的力量传递具有决定性意义。在跑步、跳跃、举重以及其他剧烈躯体活动的情境中,强健的腹肌不仅构成了躯干稳定性的基石,防止脊柱过度晃动,更重要的是充当了力量传递的枢纽——它能够将下肢产生的强大驱动力或上肢施加的负荷,顺畅、协调且高效地传递至身体的其他部位,从而优化动作效率并提升运动表现。在进行高强度冲刺、急停变向或需要瞬间发力的动作时,足够的腹肌强度能显著增强对身体姿态和动作轨迹的控制,有效缓冲冲击力,从而显著降低脊柱失稳、核心区域肌肉拉伤或相邻关节扭伤等运动损伤发生的风险。因此,系统地增强腹肌的运动能力,不仅能够提升冲刺速度、跳跃高度或举重能力等外在表现指标,还能为脊柱和周边关节在承受剧烈冲击或进行复杂动作时提供至关重要的保护,使个体能够在更快、更强的运动中,实现更安全、更协调且更有效的力量传递与动作控制^[14]。

腹肌的活动协调性表现为个体在日常生活场景中流畅、高效且安全地执行基本动作的能力,涉及简单的弯腰拾物、从坐姿或躺姿轻松起身,以及支撑平稳行走、上下楼梯等一系列活动^[6,15]。这些日常动作的顺利完成,高度依赖于腹壁肌群之间精密的协同收缩与松弛,确保力量在运动链中的有效传递以及身体重心的精准控制。当腹肌具有良好的协调活性时,个体不仅能轻松自如地完成这些基础动作,更能在此过程中维持挺拔优雅的体态和出色的平衡能力,使动作显得流畅而省力;相反,如果腹肌的协调性不足或活性低下,则往往表现为运动迟缓、受限,甚至在活动后出现腰背的

酸痛不适,这些问题叠加在一起就会显著影响个体的日常生活质量。因此,积极改善和优化腹肌的活动协调性可以增强个体生活自主性、预防劳损和提升活动效率,为高质量的生活和活动能力提供坚实的保障。

1.3 腹内压调节

腹壁肌肉可以调节腹腔内压力,在辅助呼吸、排泄、分娩等生理过程中起着至关重要的作用^[16-20]。腹肌协调收缩可增加腹腔内压力,有助于维持腹腔内脏器官的位置和稳定,确保其功能正常。在呼吸过程中,尤其是在强制呼气时,腹壁肌肉通过增强腹腔内的压力,协助膈肌的运动,促进空气顺利从肺部排出,从而优化气体交换和呼气功能^[6,21]。此外,在排泄和分娩过程中,腹壁肌肉通过增加腹内压,推动体内废物排出和胎儿通过产道,从而确保这些生理活动顺利进行^[22]。

腹壁肌肉的功能失常可能导致腹腔内脏器官的移位或功能障碍,如盆腔器官脱垂、脐疝等问题。特别是在腹部手术后的恢复期,腹壁肌肉的管理和恢复至关重要,能够帮助降低腹腔内高压的风险,维持正常的呼吸、排泄和分娩功能。此外,术后腹壁肌肉的恢复不仅有助于维持正常的腹内压调节,还能增强呼吸深度和频率,改善氧气的吸入和二氧化碳的排出,降低感染和肺部并发症的风险^[23]。

2 维持躯体稳定功能的评估方法

多种测试方法可用于评估腹壁肌肉维持稳定性的能力,主要分为功能测试和仪器测量两大类。功能测试主要包括直腿放下测试、Janda 肌肉功能测试、腹部躯干功能测试(abdominal trunk function protocol, ATRF)和以表现为导向的行动能力测试(performance-oriented mobility assessment, POMA)。仪器测量则主要为 Cybex/Biodex 测力计和 Wii 平衡板(Wii balance board, WBB)。

2.1 直腿放下测试

该测试用于评估腹壁肌肉的稳定性,也被称为双腿放下测试,最初由 Kendall 等^[24]于 1973 年提出。受试者取仰卧位,双腿抬起至髋部屈曲 90°,然后缓慢降低双腿,直到骨盆开始前倾或下背部离开床面。记录双腿与床面的角度,其中角度越大表明腹肌稳定躯体的能力越低。Ladeira 等^[25]联合测力计对双腿放下测试进行标准化验证,通过使用尼古拉斯手持式测力计作为对照,确认了双腿

放下测试作为腹壁耐力测试的有效性,为临床实践中的标准化操作提供了支持。该测试广泛应用于术后恢复的研究中,包括腹壁重建术等的术后 AWF 恢复情况评估^[4,26-28]。

2.2 Janda 肌肉功能测试

Janda 肌肉功能测试由捷克神经生理学家 Vladimir Janda 于 20 世纪 50 年代提出^[29]。其通过一套评分系统来评估腹肌的稳定性:患者平卧于床面,能够维持躯干(包括腰椎)抬起的状态,双手触耳且肘部向外展开,记为 5 分;只能抬起躯干(包括腰椎)且双臂向前伸展,记为 4 分;只能使肩胛角离开床面,保持双臂向前伸展,记为 3 分;只能屈曲颈椎,同时将腰椎紧贴支撑面,记为 2 分;仅在最大呼气或咳嗽时能触及肌肉紧张记为 1 分;无可触及的肌肉收缩,记为 0 分。得分越高代表腹壁肌肉稳定性越好。Janda 肌肉功能测试最初应用于临床康复、运动医学以及一些运动员的身体评估,现在也被广泛用来评估腹部手术后患者腹壁肌肉稳定性的恢复状态^[30]。

2.3 腹部躯干功能测试

ATRF 是 Olsson 等^[31]为了评估腹部躯干功能所设计的 1 个标准化的多模式躯干功能测试方法,其中包括腹部核心稳定性的评估。ATRF 由物理治疗师按照严格模式监督和监控的 7 项躯干功能测试所组成,包括背部肌肉力量测试、腹壁肌肉力量测试、侧向核心稳定性测试(左侧和右侧)、腹侧核心稳定性测试、主动直腿抬高试验和骨盆关节激发试验,可有效测量躯干和骨盆的力量、耐力和稳定性等不同方面。

2.4 以表现为导向的行动能力测试

POMA 是一种任务导向型测试,以顺序量表的方式测量平衡和步态能力,从而反映腹壁肌肉的稳定性^[32]。POMA 包括 13 次位置变化以及 8 次步态观察。通过结合各种平衡和步态观察,可以得到单项能力的评分。在腹部手术后,特别是在切口疝患者的康复过程中,POMA 量表作为 1 个重要的评估工具,可帮助医师评估患者腹壁肌群的恢复情况,进而制定针对性的康复计划,以促进患者的功能恢复和生活质量提高^[33]。

2.5 Cybex 测力计

Cybex 测力计是一种多功能肌肉测试设备,具有评估腹壁肌肉耐力和稳定性的功能^[34]。Cybex 测力计最早由 Cybex 公司于 20 世纪 70 年代初所研

发,专门用于评估肌肉力量和耐力。其耐力测试要求患者进行持续的卷腹动作或类似的腹部运动。设备会持续施加一定的压力或负荷,并要求患者尽力保持连续的动作,同时记录腹壁肌肉在规定时间内力量输出。通过测量每个周期的力量输出,评估肌肉在一定负荷下持续发力并保持姿势稳定的能力。目前,Cybex 测力计在临床评估和运动康复中的应用十分广泛,尤其是在评估腹壁核心肌肉力量和功能这方面^[35]。

2.6 Biodex 测力计

Biodex 测力计是一种高精度的运动评估和康复工具,其中的耐力测试和平衡测试模式可以有效评估腹壁肌肉的稳定能力^[36]。该测力计最早由 Biodex 公司在 20 世纪 80 年代开发并用于肌肉力量评估、康复训练和运动科学研究中^[37-39]。Biodex 平衡测试模式由 1 个可调节的平衡平台和显示屏组成,平台上安装有传感器来检测患者的体重分布和运动反应,其倾斜度可以根据患者的情况作出调整。当患者站立在平台上,平台就会记录患者在静止状态或动态动作中的平衡表现。此时,患者需要尽量保持身体不动,经由测试平台上的传感器监测身体重心的波动程度。如果重心移动较大或不稳定,表明患者的核心稳定性较差。

2.7 Wii 平衡板

WBB 是一种广泛应用于康复治疗 and 运动医学中的设备,最初由任天堂公司推出^[40]。随着技术的发展,WBB 被应用于临床环境,尤其在评估腹壁肌肉稳定性方面^[33,41]。WBB 是一种利用压力传感

器来测量体重分布和重心位置变化的设备,它通过检测个体在不同位置下的站立稳定性和重心移动,提供实时数据,反映个体的平衡能力^[42](表 1)。

3 运动控制能力的评估方法

目前腹壁肌群屈曲力量和活动协调性的评估方法主要包括体格检查法、测力计测量以及量表评估法。其中,体格检查的方法包括躯干抬起测试和仰卧起坐测试;测力计则主要有 Cybex/Biodex 测力计和一些简易测力计;而量表评估方法包含视觉模拟评分法(visual analogue scale, VAS)、活动能力评定量表(activities assessment scale, AAS)与残疾等级指数(disability rating index, DRI)。

3.1 躯干抬起测试

该测试方法最初由 Kendall 等^[24]于 1973 年提出,广泛应用于测量腹壁屈肌的动态力量^[43-45]。受试者仰卧,双腿伸直,完成完整且缓慢的屈体仰卧起坐动作。测试通过改变患者手臂位置来调整负荷,进而将患者腹肌强度从高到低划为 4 个等级。等级 1(最高负荷),双手放在头后;等级 2(较低负荷),前臂交叉于胸前;等级 3(最低负荷),前臂向前伸展;等级 4,无法完成任何动作。具体而言,让受试者慢慢抬起上半身,进行类似卷腹的动作,直到肩胛骨离开地面,保持腹壁肌肉的收紧。此时,双臂要伸展在身体两侧并保持伸展状态,手指指向前方,尽量向前伸展,随后记录手指到达的最远位置。部分研究者对该测试进行了改良,在躯干抬起测试的基础上增加了仰卧伸展的测试^[26]。这些

表 1 腹壁维持稳定功能的评估方法汇总表

方法	评估要点	优势	局限	临床适用性
直腿放下测试	测试双腿放下时的稳定性,评估腹壁肌肉稳定能力	简单易行	受体位动作影响、评估指标局限	术前/术后功能评估、随访
Janda 肌肉功能测试	测试维持躯干抬起时的稳定性,评估腹壁肌肉稳定能力	简单易行	主观性强、评估指标局限	健康人群的腹壁肌肉稳定性评估
腹部躯干功能测试	包含 7 项躯干功能活动测试,评估多维度躯干功能	覆盖面广	耗时、操作者依赖	学术研究
以表现为导向的行动能力测试	平衡与步态任务测试,评估腹壁稳定姿势的能力	贴近日常功能	非腹壁特异、受主观判读影响	学术研究;术前/术后功能评估、随访
Cybex 测力计	等长/等速测量躯干屈曲的耐力	客观、精确、可重复	设备要求高	学术研究;术前/术后功能的客观评估
Biodex 测力计	等长/等速测量躯干屈曲/旋转/侧屈的耐力	客观、精确、可重复	设备要求高	学术研究;术前/术后功能的客观评估
Wii 平衡板	测试姿势平衡性,评估腹壁稳定姿势的能力	相对简便、相对客观	精确性低、评估指标局限	门诊筛查、随访

测试的改进不仅提高了评估的精度,还能更全面地评估腹壁肌肉的力量、耐力及其在不同运动中的表现,目前已广泛用于腹壁重建等术后的腹肌强度的评测^[27, 46]。

3.2 仰卧起坐测试

仰卧起坐测试是评估腹壁肌群屈曲力量的简单有效的方法之一^[47-48]。通过测试受试者在固定时间内完成的仰卧起坐次数,从而评估腹壁肌肉的耐力以及核心力量。受试者仰卧,膝盖弯曲,双脚平放在地面,双手交叉放在胸前或放在耳旁,慢慢地将上半身抬起,使肩部和上背离开地面,直到上半身与大腿接近垂直。返回到起始位置,确保动作的流畅性和控制力。30 s或60 s内完成尽可能多的仰卧起坐,记录总次数。仰卧起坐测试主要用于评估腹壁肌群的运动能力,特别是腹直肌的力量和持久性。该测试可以了解受试者的核心耐力水平,对于评估核心力量、提高活动能力具有重要意义。

3.3 Cybex 测力计

Cybex 测力计可以通过测量腹壁肌肉在特定动作或姿势下的最大力量输出,评估腹壁的屈曲能力^[34, 49]。其中 TEF 模块组件是 Cybex 的一种辅助装置,用于单独测量躯干屈曲功能,其测试方式为测量受试者在不同的前屈角度下腹肌等长收缩时的扭矩,每次收缩测试持续4 s。在每个位置进行3次测量,每次间隔30 s,记录峰值扭矩和相对于体重的扭矩,根据输出结果评价受试者的腹肌收缩力量。

3.4 Biodex 测力计

Biodex 测力计通过等速测试模式,可以评估躯干进行屈曲、旋转和侧屈时的力量与耐力^[50-51]。测试开始时,应确保设备的座椅和躯干固定装置调节到合适的位置,并设置相应的固定阻力,随后要求受试者用腹壁肌肉进行屈曲等动作,此时传感器会精确记录每个动作阶段中的最大力量输出。在测试过程中,设备将记录腹壁肌肉在特定速度下产生的最大力量值、峰值力量、力矩和耐力等数据。Biodex 测力计已广泛应用于评估切口疝和腹部手术后患者的腹壁肌肉运动能力^[28, 52]。

3.5 其他类型的简易测力计

3.5.1 改良血压计

改良血压计对普通血压计进行结构改造,可用于测量腹壁肌肉屈曲力量^[47, 53-55]。将改良血压计

放置在检查者的手掌与受试者腹部之间,采用1个固定点作为运动限制基准。记录的数值代表检查者施加的最大压力,而受试者需维持等长收缩以对抗此压力。血压计的刻度范围为20~300 mmHg。改良血压计由于其简便性,已被广泛应用于各种临床场景中的腹壁肌肉运动功能测量。

3.5.2 Martin 振动器

Martin 振动器最初用于测量气压,该设备经过改造后可用于腹壁肌肉力量评估^[47, 56]。设备使用 kPa 为测量单位,提供的测量范围为0~200 kPa。测试方式与改良血压计相似。

3.5.3 Penny & Giles 电子测力计

该电子测力计为手持式,易于携带和使用^[57-58]。其具有易于读取的数字显示屏,使操作人员能够迅速获取力量数据,适用于临床上患者腹肌强度的评估。

3.5.4 壁挂式测力计

壁挂式测力计主要用于测量肌肉在特定动作下的力量输出,包括腹壁屈曲的力量。受试者站立或坐在适当的位置,确保受力部位能够与测量设备对齐。设备的传感器会连接到受试者的上腹部,以测量施加的力量。该测力计通常用于腹部手术后患者腹壁肌力的测量^[28]。

3.6 运动控制能力的评估量表

3.6.1 视觉模拟评分法量表

使用 VAS 评估患者术后腹壁肌肉力量的改善程度是一种常见的定性测量方法,常结合测力计等进行评估和验证^[59-60]。在这种评估中,0分表示患者感到腹壁肌肉完全没有改善,力量没有恢复,而10分则表示患者的腹壁肌肉恢复到了最大力量状态,与术前的力量表现相同或超过术前水平。

3.6.2 活动能力评定量表

AAS 是1个全面评估个体身体活动水平和日常生活功能的工具,涵盖了多种不同强度和类型的体力活动,包括13种不同强度体力活动评估项目^[61]。AAS 通过量化受访者在过去24 h内完成各项活动时的难度,评估其活动能力和功能状态。受访者对每项活动按1~5分进行评分,其中“没有困难”记为1分,“无法做到”记为5分,分值越高代表活动受限程度越严重。在临床中,AAS 广泛应用于评估各类腹部手术患者的功能状态,包括术前基线功能评估、术后康复过程中的功能恢复监测,以及非手术治疗患者的日常功能变化追踪^[33, 62-63]。

3.6.3 残疾等级指数

DRI 是 1 个包含 12 个项目的自我报告问卷,评估个体在日常活动中的功能受限程度^[64]。DRI 包括穿衣、弯腰、提物、跑步、攀爬、体育活动、坐下、站立、行走、上下楼梯、家务劳动及工作相关活动。每项活动采用 0~100 分的 VAS 评分,0 分代表无困难,100 分代表完全无法完成。DRI 最初用于评估肌肉骨骼系统疾病(如慢性腰痛、关节炎)对患者功能的影响,现也用于评估躯干尤其是腹壁肌肉的活动性^[65](表 2)。

4 腹内压调节能力的评估方法

常规的腹内压测量方法包括气囊法、腹腔穿刺法、膀胱压力法和胃内压力法。气囊法通过将气囊置于腹腔内,测量气囊的压力变化来推算腹内压;腹腔穿刺法通过插入压力传感器直接测量腹腔内的压力;膀胱压力法通过导尿管测量膀胱内的压力,间接反映腹腔内压力;胃内压力法则通过在胃内放置压力传感器来推算腹内压。

目前研究常通过测量腹壁张力间接反映腹壁肌肉对腹内压的调节能力^[66-69]。该方法采用特定的测力计和压力传感器,在不同生理过程如静息呼吸、瓦尔萨尔瓦动作、负重呼吸中,通过测定腹壁多点的腹壁张力,间接反映腹肌的调节能力。

此外,呼吸强度的测定也可用来反映腹内压的变化,从而评估腹内压调节能力。便携式口腔压力

计最早在 20 世纪 80 至 90 年代被研发,并在 20 世纪 90 年代成为被广泛使用的临床评估工具^[70-71]。其能够测量口腔内的压力变化,通过呼气或吸气的压力来间接评估腹壁肌群调节腹腔内压力的功能。便携式口腔压力计通常被用于行腹部手术或腹壁重建患者的术前和术后的呼吸功能对比评估^[70]。

5 讨论

AWF 作为维持核心稳定、躯干运动控制和腹内压调节的关键环节,其精准评估对于理解生理状态、诊断功能障碍、指导康复训练及评价腹部手术疗效至关重要。本文系统梳理了当前评估 AWF 三大功能(躯体稳定、运动控制、腹内压调节)的方法。这些方法各具特点,从简便的临床测试到精密的仪器测量,再到反映患者主观感受的量表,共同构成 1 个多维度评估体系。深入理解其优势、局限与适用场景,对优化临床决策和研究设计具有重要意义。

临床功能测试(如直腿放下测试、Janda 肌肉功能测试等)操作简便、成本低,适用于床旁或门诊筛查及动态监测,尤其在资源有限的环境下。然而,其结果依赖检查者经验,主观性强,难以量化,也无法精确评估深层肌肉功能。

简易测力计(如改良血压计、Penny & Giles 电子测力计等)在临床测试基础上引入初步量化,适用于评估腹肌肌力或耐力。但这类设备多用于等

表 2 运动控制能力的评估方法汇总表

方法	评估要点	优势	局限	临床适用性
躯干抬起测试	测试单次抬起躯干的力量,评估腹壁屈肌强度	简单易行	受体位动作影响、评估指标局限	术前/术后功能评估、随访
仰卧起坐测试	测试连续抬起躯干的能力,评估腹肌强度	简单易行	受体位动作影响、非腹壁特异	健康人群腹肌运动能力评估
Cybox 测力计	等长/等速测量躯干屈曲强度	客观、精确、可重复	设备要求高	学术研究;术前/术后功能的客观评估
Biodex 测力计	等长/等速测量腹肌屈曲/旋转/侧屈强度和协调性	客观、精确、可重复	设备要求高	学术研究;术前/术后功能的客观评估
简易测力计	手持/固定式装置等长测量腹肌强度	相对简便、相对客观	精确性低、操作者依赖	门诊筛查、随访
视觉模拟量表	视觉模拟主观评价,评估腹壁功能/肌力改善程度	简单易行、作为客观指标的补充	主观性强、对教育依赖	门诊筛查、随访
活动能力评定量表	包含 13 项问题评价活动受限程度,评估腹肌强度和协调性	贴近日常功能	非腹壁特异、对教育依赖	学术研究;术前/术后功能评估、随访
残疾等级指数	包含 12 项问题评价残疾程度,评估腹肌强度和协调性	贴近日常功能	非腹壁特异、对教育依赖	学术研究

长或低动态测试,精度有限,校准与操作标准化仍依赖使用者,数据可比性不高。

标准化肌力测量设备(如 Cybex 和 Biodex 测力计)是当前量化 AWF 的金标准之一,可提供高精度、可重复的客观数据,支持等速、等长、等张等多种测试模式,全面评估肌力、耐力与协调性。尽管其在科研、运动员评估和术后精准康复中不可或缺,但设备昂贵、操作复杂,限制了其在基层医疗中的普及。

问卷调查与量表(如 VAS、AAS、DRI)通过患者自我报告,反映日常功能与生活质量,捕捉设备无法评估的主观维度。其成本低、易实施,有助于全面评价功能障碍的实际影响,但结果受认知、情绪、文化等因素干扰,难以与客观指标直接对应。

在选择 AWF 评估方法时,需结合评估目的、人群特征及可用资源进行个体化权衡。具体考量因素包括:评估目标(科研需精度、临床需诊断效能、筛查需便捷性)、目标人群(运动员、术后患者、老年人等)、设备与人员条件,以及患者的疼痛程度、活动能力与配合度。理想策略应为多模态组合,例如对腹壁重建术后患者,可结合直腿放下测试、Biodex 测力计和 AAS,从功能表现、生理数据和主观体验多角度评估恢复状态。

总之,当前腹壁肌肉功能评估方法多样,涵盖体格检查、简易设备、标准化仪器及问卷等,各有优势与局限。体格检查与简易测力计便于操作但精度有限;高端设备提供精确量化数据却成本高昂;问卷捕捉主观体验却难以客观对应。未来,随着技术发展,评估方法将更趋精准与个体化,如何有效整合客观数据与患者主观体验,是优化评估策略的重要方向。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

人工智能使用声明 本文未使用任何人工智能相关工具对文字及表格进行处理

参考文献

- [1] PARKER SG, BLAKE H, HALLIGAN S, et al. Anatomical Variation of Abdominal Wall Musculature: An Objective Assessment Using Cross-Sectional Imaging [J]. J Abdom Wall Surg, 2024, 3: 13114.
- [2] SPADONI S, TODROS S, PAVAN PG. Numerical modeling of the abdominal wall biomechanics and experimental analysis for model validation [J]. Front Bioeng Biotechnol, 2024, 12: 1472509.
- [3] SKVORTSOV D, CHEREPANIN A, FADEEVA Y, et al. Functional Tests of the Abdominal Wall Muscles in Normal Subjects and in Patients with Diastasis and Oblique Inguinal Hernias in a Pilot Study [J]. J Funct Morphol Kinesiol, 2024, 9(3): 164.
- [4] TOMA M, OPREA V, SCARLAT F, et al. Quality of life and abdominal wall functionality after abdominal wall reconstruction: A prospective single center follow-up study [J]. Hernia, 2024, 28(6): 2223-2234.
- [5] GARCÍA -GARCÍA D, LLAMAS -RAMOS R, RODRÍGUEZ-SANZ D, et al. Relationship between the abdominal wall and chronic ankle instability [J]. Sci Rep, 2025, 15(1): 25865.
- [6] BARRIO ED, RAMIREZ -CAMPILLO R, GARCIA DE ALCARAZ SERRANO A, et al. Effects of core training on dynamic balance stability: A systematic review and meta-analysis [J]. J Sports Sci, 2022, 40 (16): 1815-1823.
- [7] RODRÍGUEZ -PEREA Á, REYES -FERRADA W, JEREZ -MAYORGA D, et al. Core training and performance: a systematic review with meta-analysis [J]. Biol Sport, 2023, 40(4): 975-992.
- [8] XU S, WANG R, MA S, et al. Interventional effect of core stability training on pain and muscle function of youth with chronic non-specific lower back pain: A randomized controlled trial [J]. Heliyon, 2024, 10(12): e32818.
- [9] DIMITRIJEVIĆ V, RAŠKOVIĆ B, JEVTIĆ N, et al. Pain and Disability Therapy with Stabilization Exercises in Patients with Chronic Low Back Pain: A Meta-Analysis [J]. Healthcare (Basel), 2025, 13(9): 960.
- [10] HLAING SS, PUNTUMETAKUL R, KHINE EE, et al. Effects of core stabilization exercise and strengthening exercise on proprioception, balance, muscle thickness and pain related outcomes in patients with subacute nonspecific low back pain: a randomized controlled trial [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2021, 22(1): 998.
- [11] TESHIMA H. Electromyographic study of patterns of activity of the abdominal wall muscles in man [J]. Tohoku J Exp Med, 1958, 67(2-3): 281-292.
- [12] SHEFFIELD FJ. Electromyographic study of the abdominal muscles in walking and other movements [J]. Am J Phys Med, 1962, 41: 142-147.
- [13] FLOYD WF, SILVER PH. Electromyographic study of patterns of activity in the anterior abdominal wall

- muscles in man [J]. *J Physiol*, 1949, 110 (1-2): Proc, 12.
- [14] DONG K, YU T, CHUN B. Effects of Core Training on Sport -Specific Performance of Athletes: A Meta - Analysis of Randomized Controlled Trials[J]. *Behav Sci (Basel)*, 2023, 13(2): 148.
- [15] 黄紫岚, 黄小恬. 胃肠道肿瘤术后患者早期下床活动影响因素的系统评价 [J/CD]. *消化肿瘤杂志 (电子版)*, 2024, 16(3): 374-380.
- [16] HATAMI T. Electromyographic studies of influence of pregnancy on activity of the abdominal wall muscles. I . An analysis of the patterns of activity of the abdominal wall in non -pregnant women and pregnant women [J]. *Tohoku J Exp Med*, 1961, 75: 71-80.
- [17] DELHEZ L, PETIT JM, MILIC -EMILI G. Behavior of the rectus abdominis muscles during movements of forced expiration. Electromyographic study [J]. *Acta Tuberc Pneumol Belg*, 1959, 50: 325-330.
- [18] TAKANO H. Electro-myographic study of the abdominal muscles in pregnancy [J]. *Jpn J Physiol*, 1956, 6(1): 22-28.
- [19] CAMPBELL EJ, GREEN JH. The expiratory function of the abdominal muscles in man; an electromyographic study [J]. *J Physiol*, 1953, 120(3): 409-418.
- [20] 周莹, 付强, 郑传东, 等. 减重手术术前使用腹横肌平面阻滞可改善操作条件并缩短手术时间的临床研究 [J/CD]. *消化肿瘤杂志 (电子版)*, 2020, 12(3): 5.
- [21] NONAKA K, UZU H, OI K. Effect of trunk posture on external and internal oblique muscles' activities during forced expiration [J]. *J Bodyw Mov Ther*, 2024, 40: 61-65.
- [22] SHAW JM, ZHOU J, HITCHCOCK R, et al. Relative and Maximal Intra -abdominal Pressure and Postpartum Pelvic Floor Outcomes in Primiparas Delivered Vaginally [J]. *Female Pelvic Med Reconstr Surg*, 2022, 28 (2): 96-103.
- [23] HUANG Y, LIN Y, HUNG C, et al. The fully engaged inspiratory muscle training reduces postoperative pulmonary complications rate and increased respiratory muscle function in patients with upper abdominal surgery: a randomized controlled trial [J]. *Ann Med*, 2022, 54(1): 2222-2232.
- [24] KENDALL HO, KENDALL FP, WADSWORTH GE. Muscles, testing and function [J]. *Am J Phys Med Rehab*, 1973, 52: 43.
- [25] LADEIRA CE, HESS LW, GALIN BM, et al. Validation of an abdominal muscle strength test with dynamometry [J]. *J Strength Cond Res*, 2005, 19(4): 925-930.
- [26] PARKER M, GOLDBERG RF, DINKINS MM, et al. Pilot study on objective measurement of abdominal wall strength in patients with ventral incisional hernia [J]. *Surg Endosc*, 2011, 25(11): 3503-3508.
- [27] JENSEN KK, MUNIM K, KJAER M, et al. Abdominal Wall Reconstruction for Incisional Hernia Optimizes Truncal Function and Quality of Life: A Prospective Controlled Study [J]. *Ann Surg*, 2017, 265 (6): 1235-1240.
- [28] SÁNCHEZ ARTEAGA A, GIL DELGADO JL, FERIA MADUEÑO A, et al. Impact of incisional hernia on abdominal wall strength [J]. *BJS Open*, 2024, 8 (3): zrae045.
- [29] SPRING H. Diagnosis of muscle function using Janda's method. Results of and examination of skiers on the Swiss and Liechtenstein National Teams [J]. *Schweiz Z Sportmed*, 1981, 29(4): 143-146.
- [30] ZAUNER-DUNGL A, RESCH KL, HERCZEG E, et al. Quantification of functional deficits associated with rectus abdominis muscle flaps [J]. *Plast Reconstr Surg*, 1995, 96(7): 1623-1628.
- [31] OLSSON A, KIWANUKA O, WILHELMSSON S, et al. Cohort study of the effect of surgical repair of symptomatic diastasis recti abdominis on abdominal trunk function and quality of life [J]. *BJS Open*, 2019, 3(6): 750-758.
- [32] TINETTI ME. Performance -oriented assessment of mobility problems in elderly patients [J]. *J Am Geriatr Soc*, 1986, 34(2): 119-126.
- [33] LICARI L, GUERCIO G, CAMPANELLA S, et al. Clinical and Functional Outcome After Abdominal Wall Incisional Hernia Repair: Evaluation of Quality -of -Life Improvement and Comparison of Assessment Scales [J]. *World J Surg*, 2019, 43(8): 1914-1920.
- [34] HASUE M, FUJIWARA M, KIKUCHI S. A new method of quantitative measurement of abdominal and back muscle strength [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1980, 5(2): 143-148.
- [35] BALOGH B, ZAUNER-DUNG A, NICOLAKIS P, et al. Functional impairment of the abdominal wall following laparoscopic and open cholecystectomy [J]. *Surg Endosc*, 2002, 16(3): 481-486.
- [36] CRISS CN, PETRO CC, KRPATA DM, et al. Functional abdominal wall reconstruction improves core physiology and quality -of -life [J]. *Surgery*, 2014, 156 (1): 176-182.

- [37] KLOPFER DA, GREIJ SD. Examining quadriceps/hamstrings performance at high velocity isokinetics in untrained subjects[J]. J Orthop Sports Phys Ther, 1988, 10(1): 18–22.
- [38] TUOMINEN J, LEPPÄNEN M, JARSKE H, et al. Test–Retest Reliability of Isokinetic Ankle, Knee and Hip Strength in Physically Active Adults Using Biodex System 4 Pro[J]. Methods Protoc, 2023, 6(2): 26.
- [39] PELLER A, GARIB R, GARBE E, et al. Validity and reliability of the NIH Toolbox® Standing Balance Test As compared to the Biodex Balance System SD [J]. Physiother Theory Pract, 2023, 39(4): 827–833.
- [40] CLARK RA, MENTIPLAY BF, PUA YH, et al. Reliability and validity of the Wii Balance Board for assessment of standing balance: A systematic review[J]. Gait Posture, 2018, 61: 40–54.
- [41] LESCH KJ, TUOMISTO S, TIKKANEN HO, et al. Validity and Reliability of Dynamic and Functional Balance Tests in People Aged 19–54: A Systematic Review [J]. Int J Sports Phys Ther, 2024, 19 (4): 381–393.
- [42] VREDEVELD T, STINS JF, VAN VLIET AJ, et al. Closing the gap while standing still: clinimetric properties of a low–cost balance platform and a user–friendly app for posturography[J]. PeerJ, 2025, 13: e18299.
- [43] BIERING–SØRENSEN F. Physical measurements as risk indicators for low–back trouble over a one–year period [J]. Spine (Phila Pa 1976), 1984, 9(2): 106–119.
- [44] OLIVEIRA R, BRITO JP. Updating Exercise Testing Strategies and Exercise Prescription Protocols [J]. Healthcare (Basel), 2024, 12(9): 901.
- [45] OLSSON A, KIWANUKA O, WILHELMSSON S, et al. Surgical repair of diastasis recti abdominis provides long–term improvement of abdominal core function and quality of life: a 3–year follow–up[J]. BJS Open, 2021, 5(5): zrab085.
- [46] OPREA V, TOMA M, GRAD O, et al. Truncal function after abdominal wall reconstruction via transversus abdominis muscle release (TAR) for large incisional hernias: a prospective case–control study [J]. Hernia, 2022, 26(5): 1285–1292.
- [47] HELEWA A, GOLDSMITH C, SMYTHE H, et al. An evaluation of four different measures of abdominal muscle strength: patient, order and instrument variation [J]. J Rheumatol, 1990, 17(7): 965–969.
- [48] OLIVA –LOZANO JM, MUYOR JM. Core Muscle Activity During Physical Fitness Exercises: A Systematic Review [J]. Int J Environ Res Public Health, 2020, 17 (12): 4306.
- [49] GHROUBI S, JELASSI O, ABIDI S, et al. Association between isokinetic abdominal muscle strength, pelvic floor muscle strength and stress urinary incontinence severity[J]. Prog Urol, 2022, 32(11): 727–734.
- [50] GUNNARSSON U, JOHANSSON M, STRIGÅRD K. Assessment of abdominal muscle function using the Biodex System –4. Validity and reliability in healthy volunteers and patients with giant ventral hernia [J]. Hernia, 2011, 15(4):417–421.
- [51] GRABINER MD, JEZIOROWSKI JJ, DIVEKAR AD. Isokinetic measurements of trunk extension and flexion performance collected with the biodex clinical data station [J]. J Orthop Sports Phys Ther, 1990, 11 (12): 590–598.
- [52] SWEDENHAMMAR E, WAHLSTRÖM O, BRANDT JD, et al. Reliability and validity of surface EMG assessments combined with isometric muscle strength testing in patients with abdominal rectus diastasis and asymptomatic controls [J]. Hernia, 2024, 28 (4): 1413–1426.
- [53] HELEWA A, GOLDSMITH CH, SMYTHE HA. The modified sphygmomanometer –an instrument to measure muscle strength: a validation study [J]. J Chronic Dis, 1981, 34(7): 353–361.
- [54] AMUNDSEN LR. Muscle strength testing : instrumented and non–instrumented systems [J] Physiotherapy, 1990, 77(3): 237.
- [55] BRITO SAF, SANTANA MM, BENFICA PDA, et al. The modified sphygmomanometer test for assessment of muscle strength of community–dwelling older adults in clinical practice: reliability and validity [J]. Disabil Rehabil, 2022, 44(1): 131–138.
- [56] BERGERON V, KAJGANIC P. Pressure Sensors for Evaluating Hand Grasp and Pinch [J]. Sensors (Basel), 2024, 24(17): 5768.
- [57] ALTHOBAITI S, FALLA D. Reliability and criterion validity of handheld dynamometry for measuring trunk muscle strength in people with and without chronic non–specific low back pain [J]. Musculoskelet Sci Pract, 2023, 66: 102799.
- [58] TANVEER F, ARSLAN SA, DARAIN H, et al. Reliability of Hand –Held Dynamometer for assessing Isometric Lumbar Muscles Strength in Asymptomatic Healthy Population [J]. Pak J Med Sci, 2021, 37(2): 461–465.

- [59] EMANUELSSON P, GUNNARSSON U, DAHLSTRAND U, et al. Operative correction of abdominal rectus diastasis (ARD) reduces pain and improves abdominal wall muscle strength: A randomized, prospective trial comparing retromuscular mesh repair to double-row, self-retaining sutures [J]. *Surgery*, 2016, 160(5): 1367–1375.
- [60] STARK B, EMANUELSSON P, GUNNARSSON U, et al. Validation of Biodex system 4 for measuring the strength of muscles in patients with rectus diastasis [J]. *J Plast Surg Hand Surg*, 2012, 46(2): 102–105.
- [61] MCCARTHY M JR, JONASSON O, CHANG CH, et al. Assessment of patient functional status after surgery [J]. *J Am Coll Surg*, 2005, 201(2): 171–178.
- [62] HOLIHAN JL, FLORES-GONZALEZ JR, MO J, et al. A Prospective Assessment of Clinical and Patient-Reported Outcomes of Initial Non-Operative Management of Ventral Hernias [J]. *World J Surg*, 2017, 41(5): 1267–1273.
- [63] BARBER MD, KENTON K, JANZ NK, et al. Validation of the activities assessment scale in women undergoing pelvic reconstructive surgery [J]. *Female Pelvic Med Reconstr Surg*, 2012, 18(4): 205–210.
- [64] SALÉN BA, SPANGFORT EV, NYGREN AL, et al. The Disability Rating Index: an instrument for the assessment of disability in clinical settings [J]. *J Clin Epidemiol*, 1994, 47(12): 1423–1435.
- [65] WILHELMSSON S, FAGEVIK OLSÉN M, STAALESEN T, et al. Abdominal plasty with and without plication – effects on trunk muscles, lung function, and self-rated physical function [J]. *J Plast Surg Hand Surg*, 2017, 51(3): 199–204.
- [66] NOVAK J, JACISKO J, BUSCH A, et al. Intra-abdominal pressure correlates with abdominal wall tension during clinical evaluation tests [J]. *Clin Biomech (Bristol)*, 2021, 88: 105426.
- [67] VAN RAMSHORST GH, SALIH M, HOP WC, et al. Noninvasive assessment of intra-abdominal pressure by measurement of abdominal wall tension [J]. *J Surg Res*, 2011, 171(1): 240–244.
- [68] VAN RAMSHORST GH, LANGE JF, GOOSSENS RH, et al. Non-invasive measurement of intra-abdominal pressure: a preliminary study [J]. *Physiol Meas*, 2008, 29(8): N41–N47.
- [69] PLEŠNIK B, DJOKIĆ M, DJORDJEVIĆ S, et al. Non-invasive and continuous intra-abdominal pressure assessment using MC sensors [J]. *Sci Rep*, 2025, 15(1): 10775.
- [70] JENSEN KK, BACKER V, JORGENSEN LN. Abdominal wall reconstruction for large incisional hernia restores expiratory lung function [J]. *Surgery*, 2017, 161(2): 517–524.
- [71] YILDIZ A, MUSTAFAOGLU R, BARDAK AN. Respiratory muscle strength in stroke: a case-control study [J]. *Rev Assoc Med Bras (1992)*, 2024, 70(8): e20240061.

收稿日期: 2025-06-24