

· 综 述 ·

脊柱侧凸检查方法的研究进展

洪浩峰, 王向阳, 陈教想

(温州医科大学附属第二医院, 浙江 温州 325027)

摘 要 严重的脊柱侧凸不仅影响青少年的健康成长, 还会给家庭和社会带来沉重的负担。脊柱侧凸的早期筛查和诊断, 对避免畸形进展、维护青少年身心健康、减轻家庭及社会负担具有重要意义。为进一步了解脊柱侧凸检查方法, 为脊柱侧凸筛查策略的制定提供参考, 本文对目测、影像学检查、背部驼峰测量、表面地形技术和超声检查等脊柱侧凸检查方法的研究进展进行了综述。

关键词 脊柱侧凸; 诊断; 综述

脊柱侧凸是指脊柱向侧方弯曲并伴有椎体旋转的脊柱三维畸形^[1-2]。严重的脊柱侧凸可引发许多并发症, 如心肺功能障碍、腰背部疼痛甚至下肢瘫痪, 严重影响青少年的身心健康。脊柱侧凸早期畸形不明显, 易被忽略, 患者就诊时间较晚, 增加了治疗难度和费用, 且预后较差。因此, 脊柱侧凸的早期筛查和诊断, 对避免畸形进展、维护青少年身心健康、减轻家庭及社会负担具有重要意义^[3-4]。目前脊柱侧凸的检查方法有目测、影像学检查、背部驼峰测量、表面地形技术和超声检查等, 为进一步了解这些方法, 为脊柱侧凸筛查策略的制定提供参考, 我们对脊柱侧凸检查方法的研究进展进行了综述。

1 目 测

目测法是判断脊柱侧凸的方法之一, 主要观察双肩、肩胛下角、两侧腰凹、骨盆及双下肢的对称性。Adams 在 1865 年提出前屈试验: 受检者显露背部, 站立位向前屈曲脊柱约至 90°, 观察其棘突连线是否弯曲、背部是否高低不平、双肩是否不对称、两下肢是否不等长, 其中有一项可疑表现时, 即为前屈试验阳性, 高度怀疑脊柱侧凸。由于这种方法简单、便捷, 并且不受场地和设备的限制, 因此被认为是脊柱侧凸筛查的首查项目^[5]。但该方法受到检查者经验及受试者脊背放松程度等因素的影响, 其单独使用时的假阴性率较高, 易出现脊柱侧凸漏诊^[6]。且其无法对脊柱侧凸角度进行测量, 故不能评估脊柱侧凸的进展, 仅起

到判断脊柱侧凸作用。目测法在所有方法中最为简便, 但最依赖检查者的经验和主观判断, 准确性较低, 一般不单独作为脊柱侧凸的筛查方法^[7]。

2 影像学检查

2.1 X 线检查 站立位 X 线片是诊断脊柱侧凸的金标准, 也是监测脊柱侧凸进展的首选方法。X 线片具有可重复性高、操作难度低、耗时短、可广泛推广等优势, 对脊柱侧凸的诊断具有重要价值。国际脊柱侧凸研究会将 Cobb 角 $\geq 10^\circ$ 定义为脊柱侧凸^[1]。但在 X 线片上测量 Cobb 角时, 由于体位因素对端椎选择的影响, 测量结果会产生误差^[8-10]; 且 X 线摄片存在辐射暴露问题, 对于接受长期随访的脊柱侧凸患者而言, 辐射量的累积会增加患癌的风险^[11-12]。

2.2 CT 检查 脊柱侧凸常伴不同程度的椎体畸形, 尤其是椎体旋转和椎弓根解剖异常。CT 扫描二维重建及三维重建图像可以将整个脊柱立体、直观地显示出来, 并可进行多方位观察, 能够清晰地显示椎体的形态、旋转角度、椎弓根解剖参数, 明确邻近器官与椎体间相对关系。基于 CT 扫描的 3D 打印技术对脊柱侧凸的手术治疗意义重大, 术前根据 3D 打印技术制定置钉方案及必要的截骨范围, 规避难以置钉的椎弓根, 可为手术的安全进一步提供保障^[13]。

由于脊柱侧凸是三维畸形, 除用 Cobb 角在冠状面量化脊柱弯曲程度外, 仍需对轴状面的椎体旋转进行评估。椎体旋转在脊柱侧凸术前和术后评估中均具有重要意义^[14]。在 X 线片上可以用 Nash - Moe 和 Perdriolle 法评估椎体旋转的程度, 但这些方法都是通过脊柱冠状面影像评估轴状面的椎体旋转, 对旋转角度无法进行定量测量和准确评估, 对于临床的指导意义不大。而椎体轴状面 CT 片可直观反映出椎体旋转

基金项目: 温州医科大学附属第二医院临床研究专项基金重点项目 (SAHoWmu - CR2018 - 08 - 222); 浙江省大学生科技创新活动计划暨新苗人才计划 (2021R413063)

通讯作者: 陈教想 E-mail: chenjiaoxiang@126.com

的情况,并可以直接在轴状面上测量相关参数^[15]。在脊柱侧凸椎体旋转角度的评估上,CT 比 X 线检查更具优势,其缺点在于辐射量大且成本高。因此,CT 多用于术前协助制定手术方案,很少用于脊柱侧凸的诊断和筛查。

2.3 MRI 检查 脊柱侧凸患者脊柱和脊髓病变复杂,X 线和 CT 检查均无法显示椎管内脊髓的情况。MRI 能清楚显示脊髓的解剖和病理改变,在了解脊柱侧凸伴发的椎管内脊髓畸形方面具有独特优势。因此,MRI 被作为脊柱侧凸手术前排除脊髓异常的常规检查方法。但由于 MRI 对骨性结构的显影不佳,其在脊柱侧凸的诊断及侧弯角度的测量等方面的应用价值有限^[16]。

3 背部驼峰测量

驼峰是指脊柱胸、腰段椎体旋转导致的背部异常隆起,其在前屈姿势下最为明显。背部驼峰测量通常是在 Adams 前屈实验发现异常后进行,通过测量驼峰倾斜角度即躯干旋转角度 (angle of trunk rotation, ATR) 及驼峰高度差,以量化背部不对称程度,进而评估脊柱侧凸严重程度。常用的测量工具有脊柱侧凸仪、扭转瓶、驼峰仪、基于数字图像的姿势评估软件、智能手机应用程序等。

3.1 脊柱侧凸仪测量 脊柱侧凸仪由 Bunnell 设计^[17],是最常用的驼峰评估工具。受检者前屈脊柱,用脊柱侧凸仪沿其背部依次测量胸、腰段 ATR,记录最大值及部位,以 5° 作为诊断脊柱侧凸的临界值。该方法的敏感性较 Adams 前屈试验高,操作便捷且无辐射,在脊柱侧凸的筛查中应用广泛^[18-22]。但 Komang - Agung 等^[23]认为以 5° 作为诊断脊柱侧凸的 ATR 临界值,会增加医疗支出,建议以 7° 作为诊断的临界值,4° ~ 6° 的患者 4 ~ 12 个月可重新进行一次测量。但

Coelho 等^[18]认为,考虑到青少年骨骼发育对脊柱侧凸发展的影响,对轻度脊柱侧凸患者进行随访可掌握侧凸动态进展,因此仍建议以 5° 作为诊断脊柱侧凸的 ATR 临界值。脊柱侧凸仪测量背部驼峰,不同的临界值,对诊断脊柱侧凸的准确性不一^[18,23-27]。见表 1。中华医学会骨科学分会脊柱外科学组推荐的以 ATR 诊断脊柱侧凸的临界值为 5°^[7]。

脊柱侧凸仪测量结果的准确性受多种因素影响。腰椎区域的测量结果准确性不高,可能与腰椎区域没有肋骨附着,脊椎的旋转表现不明显有关^[28]。此外,体质量指数和双下肢不等长对脊柱侧凸仪测量背部驼峰的结果也会造成一定影响。体质量指数的差异带来的胸壁厚度和轮廓不同会影响脊柱侧凸仪测量的准确性。Margalit 等^[29]建议应按体质量低、正常、超重及肥胖,将以 ATR 诊断脊柱侧凸的临界值分别设定为 8°、7°、6° 和 5°。Hackenberg 等^[30]认为双下肢不等长会增加假阴性的比例,影响脊柱侧凸仪测量结果的准确性,故检查前应在被检者脚下垫相应高度的物体以纠正双下肢不等长。Grivas 等^[31]认为双下肢或骨盆的不对称迫使躯干旋转以保持身体平衡,这可能导致了脊柱侧凸的发生,因此在检查时无需纠正双下肢不等长,而应提醒检查者更加关注。

3.2 扭转瓶测量 Romano 等^[32]介绍了一种利用 ATR 诊断脊柱侧凸的简易检查工具——扭转瓶。扭转瓶的制作只需要 1 个容量 500 mL 的透明水瓶及适量的水,将瓶身凹陷处作为支点,分别于水平位和倾斜角 7° 位标记相应的水位点。测量时,将瓶身凹陷处对准棘突,观察水平面是否超过倾斜角为 7° 的标记处。用这种方法测量 ATR 诊断脊柱侧凸的诊断结果与用脊柱侧凸仪测量的结果具有较高的一致性,说明扭转瓶或许是一个可靠、廉价的脊柱侧凸筛查工具。

表 1 不同躯干旋转角度临界值诊断脊柱侧凸的准确性

研究者	样本量/例	临界值/°	敏感性/%	特异性/%	阳性预测值/%	阴性预测值/%
Coelho 等 ^[18]	64	5	87	34	57	73
		7	62	75	71	66
Komang - Agung 等 ^[23]	784	5	95.6	18.5	50	83.33
		7	78.26	88.88	85.7	82.7
Côté 等 ^[24]	105	5	71	83	80	75
		5	98	29	70	86
Amendt 等 ^[25]	65	7.5	78	75	84	67
		10	57	96	95	53
Wong 等 ^[26]	72 699	5			39.8	
Deepak 等 ^[27]	8966	5			55.8	

但扭转瓶的制作过程影响因素较多,且无法量化 ATR,仅适用于低收入或医疗条件缺乏的地区。

3.3 驼峰仪测量 驼峰仪通过记录驼峰的高度差来判断是否为脊柱侧凸^[33]。以驼峰高度差 5 mm 作为临界值时,其敏感性、特异性均低于脊柱侧凸仪^[34-35]。此外,其操作过程较为复杂,在一次测量中需要进行 3 次人工调整,且无法准确预测 Cobb 角的大小,临床上应用价值有限,目前已较少应用于脊柱侧凸的筛查。

3.4 基于数字图像的姿势评估软件测量 利用软件对受检者背部进行摄影,不仅可以在前屈体位下测量 ATR,还可以处理分析在站立姿势下的人工标记点,得到椎体偏移正中距离及弯曲角度等信息。Navarro 等^[36-37]对软件与脊柱侧凸仪测量的 ATR 值进行比较,发现两者存在一定相关性。但是相比于脊柱侧凸仪,这种方法需要专业的设备和更复杂的程序,因此尚未广泛用于脊柱侧凸的筛查。

3.5 智能手机应用程序测量 为智能手机配备定制的塑料配件后,基于智能手机内置的加速计设计的应用程序,可以实现脊柱侧凸仪的类似功能。Franko 等^[38]将 iPhone 手机上 scolioGauge 软件的测量结果与脊柱侧凸仪的测量结果进行比较,结果显示二者具有良好的 consistency。但由于丙烯酸配件规格和手机型号可能会影响测量结果,手机应用程序用于脊柱侧凸检查的可靠性仍然受到质疑,未来进一步改进后可能有一定的应用前景^[39]。

4 表面地形技术

表面地形技术是一类基于体表轮廓对受检者躯干进行评估的三维地表技术,包括莫尔云纹图像、三维深度扫描、光栅立体摄影、人工智能。

4.1 莫尔云纹图像 1970 年, Takasaki^[40]将莫尔地形技术用于人体表面分析并获得莫尔云纹图像。之后, Willner 等^[41-42]将莫尔云纹图像应用于脊柱侧凸的检查。莫尔云纹图像是将两个相关频率但相位稍有不同光投射到受检者背部后叠加产生的明暗交替的干涉图样,类似于等高线地形图,其阴影条纹即为莫尔条纹,相邻条纹之间的距离为 5 mm。通过评估背部左右两侧条纹的差异可以判断是否存在脊柱侧凸,一条以上的莫尔条纹差异被证实具有良好的准确性与重复性^[41-43]。由于光线对于背部微小变化过于敏感,导致莫尔云纹图像诊断脊柱侧凸的敏感性极

高。Karachalios 等^[6]的研究结果显示依据莫尔云纹图像诊断脊柱侧凸,敏感性和特异性分别为 100%、85.38%。极高的敏感性也导致了较高的假阳性率。在表面地形技术中,莫尔云纹图像是应用最多的方法,日本将其作为学校进行脊柱侧凸筛查的常规方法。但由于仪器体积庞大、检查耗时长、效率低,以及便捷性不及脊柱侧凸仪,该方法并不适合在大批量人群的筛查中应用。

4.2 三维深度扫描 三维深度扫描是由 Sudo 等^[44]开发的一种自动化背部不对称性识别系统,使用三维深度传感器对背部进行精确扫描,并自动进行背部不对称性评估,输出不对称指数。该方法可在一定程度上避免莫尔云纹图像依靠人工判断造成的偏差。因准确性有限,并且会受不同深度传感器、算法以及系统的影响,目前三维深度扫描还没有在临床应用于脊柱侧凸检查,相关研究也较少。

4.3 光栅立体摄影 光栅立体摄影是利用摄像机捕捉投影在受检者背部的平行光栅线条以及解剖标志,通过三维重建背部形状估计脊柱和椎体位置,评估脊柱畸形程度^[45]。Drerup 等^[46]证实光栅立体摄影在脊柱曲线重建方面可靠性较高,但对 Cobb 角的测量有明显偏差,且没有指标参数可设定为临界值,故临床应用价值有限。类似的背部重建分析方法还有 ISIS 系统、QUANTEC 系统、Ortelius 扫描系统等。

4.4 人工智能测量 Yang 等^[47]报道了一种基于人工智能深度学习算法的脊柱侧凸检查方法,通过识别显露背部的受检者照片即可判断是否脊柱侧凸。这项技术具有互联网独有的便捷性,有望实现远程的大规模脊柱侧凸筛查。Watanabe 等^[48]开发了一项利用云纹图像估计脊柱排列、Cobb 角和椎体旋转的人工智能系统。人工智能依赖于算法本身、大量的受检者背部照片及相对应的 X 线图像数据集,为背部形态分析提供了新的可能。但目前,利用人工智能进行脊柱侧凸检查的报道有限,其诊断的准确性有待进一步研究。

5 超声检查

超声检查在脊柱侧凸中的应用主要有 2 种情况:三维超声脊柱投影成像和产前诊断。超声检查利用体积投影成像方法形成脊柱冠状面图像,但由于超声图像不能较好地显示椎体终板,因此,只能通过超声图像上可见的不同骨性标志来测量脊柱弯曲角。具

体的测量方法和指标包括椎板中心法、棘突角、椎骨横凸等^[49-51]。超声检查测得的脊柱弯曲角与 Cobb 角有一定的相关性,但超声对脊柱的显示及脊柱弯曲程度的评估仍无法与 X 线检查相比。Young 等^[52]发现当借助先前已有的 X 线片作为参考时,由于椎体末端选择更为准确,超声图像冠状曲线测量的可靠性和准确性显著提高。这对于采用超声检查监测脊柱侧凸进展具有一定价值,有望减少对脊柱侧凸儿童的 X 线检查。严重的脊柱侧凸往往伴随更严重的椎体旋转,远离探头侧的棘突区域声波信号会有缺失,因此超声检查对重度脊柱侧凸的识别存在困难。此外,一次超声检查时长大约为 4 min,相比其他方法耗时较长,对受试者保持稳定姿势的要求更高。因此,目前超声检查虽然是脊柱侧凸检查方法研究的重点,但尚没有一种被广泛接受的、可靠的脊柱侧凸三维超声诊断系统。

胎儿椎骨的异常分为形成障碍型、分节不良型以及混合型,这 3 种情况都会导致不同程度的先天性脊柱侧凸,其中形成障碍导致的半椎骨发生率最高,被认为是先天性脊柱侧凸最常见的病因^[53]。对围产期胎儿进行早期椎骨畸形超声筛查,有利于发现先天性脊柱侧凸。Paoletti 等^[54]发现,18 例脊柱异常的胎儿中,有 4 例在孕中期超声筛查中发现了半椎体,并在产后确诊为先天性脊柱侧凸。

6 小 结

X 线检查是诊断及监测脊柱侧凸进展的金标准和首选方法,其他方法主要是为了规避辐射风险、提升便捷性及方便进行大规模筛查而设计的。Adams 前屈试验简单便捷,是公认的脊柱侧凸首要筛查方法,但目测法过度依赖检查者主观判断,一般不单独应用。在测量背部驼峰的工具中,脊柱侧凸仪使用最为广泛。在表面地形技术中,莫尔云纹图像应用最多。超声检查对先天性脊柱侧凸的产前诊断具有一定价值。在实际筛查中,为提高筛查的准确性,常联合应用多种方法。有学者联合应用 Adams 前屈试验、脊柱侧凸仪背部驼峰评估和莫尔云纹图像进行脊柱侧凸筛查,敏感性和特异性分别为 93.8%、99.2%,其准确性明显高于单独使用一种检查方法^[1]。但是 Yawn 等^[22]联合应用 Adams 前屈试验和脊柱侧凸仪背部驼峰评估进行脊柱侧凸筛查,其结果的敏感性和特异性仅为 71.1%、97.1%,与单用一种方法相比,筛

查结果的准确性并没有得到较大提升。相较于传统的脊柱侧凸检查方法而言,电子设备、计算机软件以及人工智能虽然目前并未在临床广泛应用,其准确性也有待验证,但是对这些新方法的探索,为脊柱侧凸筛查模式的创新提供了可能。

参 考 文 献

- [1] DUNN J, HENRIKSON N B, MORRISON C C, et al. Screening for adolescent idiopathic scoliosis: evidence report and systematic review for the us preventive services task force [J]. JAMA, 2018, 319(2): 173-187.
- [2] CHENG J C, CASTELEIN R M, CHU W C, et al. Adolescent idiopathic scoliosis [J]. Nat Rev Dis Primers, 2015, 1: 15030.
- [3] ADAMCZEWSKA K, WIERNICKA M, MALCHROWICZ - MOSKO E, et al. The angle of trunk rotation in school children; a study from an idiopathic scoliosis screening. Prevalence and optimal age screening value [J]. Int J Environ Res Public Health, 2019, 16(18): 3426.
- [4] DEURLOO J A, VERKERK H. To screen or not to screen for adolescent idiopathic scoliosis? A review of the literature [J]. Public Health, 2015, 129(9): 1267-1272.
- [5] LEE J Y, MOON S H, KIM H J, et al. The prevalence of idiopathic scoliosis in eleven year - old Korean adolescents: a 3 year epidemiological study [J]. Yonsei Med J, 2014, 55(3): 773-778.
- [6] KARACHALIOS T, SOFIANOS J, ROIDIS N, et al. Ten - year follow - up evaluation of a school screening program for scoliosis. Is the forward - bending test an accurate diagnostic criterion for the screening of scoliosis? [J]. Spine (Phila Pa 1976), 1999, 24(22): 2318-2324.
- [7] 中华医学会骨科学分会脊柱外科学组. 中国青少年脊柱侧凸筛查临床实践指南及路径指引 [J]. 中华骨科杂志, 2020, 40(23): 1574-1582.
- [8] GSTOETTNER M, SEKYRA K, WALOCHNIK N, et al. Inter - and intraobserver reliability assessment of the Cobb angle: manual versus digital measurement tools [J]. Eur Spine J, 2007, 16(10): 1587-1592.
- [9] TANURE M C, PINHEIRO A P, OLIVEIRA A S. Reliability assessment of Cobb angle measurements using manual and digital methods [J]. Spine J, 2010, 10(9): 769-774.
- [10] ZHANG J, LOU E, SHI X, et al. A computer - aided Cobb angle measurement method and its reliability [J]. J Spinal Disord Tech, 2010, 23(6): 383-387.
- [11] RONCKERSCM, DOODY M M, LONSTEIN J E, et al. Multiple diagnostic X - rays for spine deformities and risk of

- breast cancer [J]. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*, 2008, 17(3): 605 – 613.
- [12] DOODY M M, LONSTEIN J E, STOVALL M, et al. Breast cancer mortality after diagnostic radiography: findings from the U. S. Scoliosis Cohort Study [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2000, 25(16): 2052 – 2063.
- [13] 张勇伟, 李凯, 薛旭红, 等. 3D 打印辅助脊柱侧凸矫形手术效果的 Meta 分析 [J]. *医学研究杂志*, 2020, 49(10): 52 – 56.
- [14] LAM C C, HILL D L, LE L H, et al. Vertebral rotation measurement: a summary and comparison of common radiographic and CT methods [J]. *Scoliosis*, 2008, 3: 16.
- [15] AARO S, DAHLBORN M, SVENSSON L. Estimation of vertebral rotation in structural scoliosis by computer tomography [J]. *Acta Radiol Diagn (Stockh)*, 1978, 19(6): 990 – 992.
- [16] HARROP J S, BIRKNES J, SHAFFREY I. Noninvasive measurement and screening techniques for spinal deformities [J]. *Neurosurgery*, 2008, 63(3 Suppl): 46 – 53.
- [17] BUNNELL W P. An objective criterion for scoliosis screening [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1984, 66(9): 1381 – 1387.
- [18] COELHO D M, BONAGAMBA G H, OLIVEIRA A S. Scoliometer measurements of patients with idiopathic scoliosis [J]. *Braz J Phys Ther*, 2013, 17(2): 179 – 184.
- [19] DU Q, ZHOU X, NEGRINI S, et al. Scoliosis epidemiology is not similar all over the world: a study from a scoliosis school screening on Chongming Island [J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2016, 17: 303.
- [20] ZHENG Y, WU X, DANG Y, et al. Prevalence and determinants of idiopathic scoliosis in primary school children in Beitang district, Wuxi, China [J]. *J Rehabil Med*, 2016, 48(6): 547 – 553.
- [21] ZHENG Y, DANG Y, WU X, et al. Epidemiological study of adolescent idiopathic scoliosis in Eastern China [J]. *J Rehabil Med*, 2017, 49(6): 512 – 519.
- [22] YAWN B P, YAWN R A, HODGE D, et al. A population – based study of school scoliosis screening [J]. *JAMA*, 1999, 282(15): 1427 – 1432.
- [23] KOMANG – AGUNG I S, DWI – PURNOMO S B, SUSILOWATI A. Prevalence rate of adolescent idiopathic scoliosis: results of school-based screening in Surabaya, Indonesia [J]. *Malays Orthop J*, 2017, 11(3): 17 – 22.
- [24] CÔTÉ P, KREITZ B G, CASSIDY J D, et al. A study of the diagnostic accuracy and reliability of the Scoliometer and Adam's forward bend test [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1998, 23(7): 796 – 802.
- [25] AMENDT L E, AUSE – ELLIAS K L, EYBERS J L, et al. Validity and reliability testing of the Scoliometer [J]. *Phys Ther*, 1990, 70(2): 108 – 117.
- [26] WONG H K, HUI J H P, RAJAN U, et al. Idiopathic scoliosis in Singapore schoolchildren: a prevalence study 15 years into the screening program [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2005, 30(10): 1188 – 1196.
- [27] DEEPAK A S, ONG J Y, CHOON D, et al. The clinical effectiveness of school screening programme for idiopathic scoliosis in Malaysia [J]. *Malays Orthop J*, 2017, 11(1): 41 – 46.
- [28] PROWSE A, POPE R, GERDHEM P, et al. Reliability and validity of inexpensive and easily administered anthropometric clinical evaluation methods of postural asymmetry measurement in adolescent idiopathic scoliosis: a systematic review [J]. *Eur Spine J*, 2016, 25(2): 450 – 466.
- [29] MARGALIT A, MCKEAN G, CONSTANTINE A, et al. Body mass hides the curve: thoracic scoliometer readings vary by body mass index value [J]. *J Pediatr Orthop*, 2017, 37(4): e255 – e260.
- [30] HACKENBERG L, HIERHOLZER E, BULLMANN V, et al. Rasterstereographic analysis of axial back surface rotation in standing versus forward bending posture in idiopathic scoliosis [J]. *Eur Spine J*, 2006, 15(7): 1144 – 1149.
- [31] GRIVAS T B, VASILADIS E S, MIHAS C, et al. Trunk asymmetry in juveniles [J]. *Scoliosis*, 2008, 3: 13.
- [32] ROMANO M, MASTRANTONIO M. Torsion bottle, a very simple, reliable, and cheap tool for a basic scoliosis screening [J]. *Scoliosis Spinal Disord*, 2018, 13: 4.
- [33] FERRARO C, VENTURIN A, FERRARO M, et al. Hump height in idiopathic scoliosis measured using a humpmeter in growing subjects: relationship between the hump height and the Cobb angle and the effect of age on the hump height [J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2017, 53(3): 377 – 389.
- [34] NISSINEN M, HELIÖVAARA M, YLIKOSKI M, et al. Trunk asymmetry and screening for scoliosis: a longitudinal cohort study of pubertal schoolchildren [J]. *Acta Paediatr*, 1993, 82(1): 77 – 82.
- [35] NISSINEN M, HELIÖVAARA M, TALLROTH K, et al. Trunk asymmetry and scoliosis, anthropometric measurements in prepubertal school children [J]. *Acta Paediatr Scand*, 1989, 78(5): 747 – 753.
- [36] NAVARRO I J R L, CANDOTTI C T, DO AMARAL M A, et al. Validation of the measurement of the angle of trunk rotation in photogrammetry [J]. *J Manipulative Physiol Ther*,

2020,43(1):50-56.

[37] LEAL J S, AROEIRA R M C, GRESSLER V, et al. Accuracy of photogrammetry for detecting adolescent idiopathic scoliosis progression[J]. Spine J, 2019, 19(2):321-329.

[38] FRANKO O I, BRAY C, NEWTON P O. Validation of a scoliometer smartphone app to assess scoliosis[J]. J Pediatr Orthop, 2012, 32(8):e72-e75.

[39] CHEN C, YU R, XU W, et al. A practical study of diagnostic accuracy: scoliosis screenings of middle school students by a trained nurse with a smartphone versus a spine surgeon with a scoliometer [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2020, 45(5):E266-E271.

[40] TAKASAKI H. Moiré topography [J]. Appl Opt, 1970, 9(6):1467-1472.

[41] WILLNER S. Moiré topography—a method for school screening of scoliosis[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 1979, 95(3):181-185.

[42] ADAIR I V, VANWIJK M C, ARMSTRONG G W. Moiré topography in scoliosis screening[J]. Clin Orthop Relat Res, 1977, (129):165-171.

[43] KUROKI H, NAGAI T, CHOSA E, et al. School scoliosis screening by Moiré topography - Overview for 33 years in Miyazaki Japan[J]. J Orthop Sci, 2018, 23(4):609-613.

[44] SUDO H, KOKABU T, ABE Y, et al. Automated noninvasive detection of idiopathic scoliosis in children and adolescents: a principle validation study [J]. Sci Rep, 2018, 8(1):17714.

[45] DRERUP B, HIERHOLZER E. Assessment of scoliotic deformity from back shape asymmetry using an improved mathematical model [J]. Clin Biomech (Bristol, Avon), 1996, 11(7):376-383.

[46] DRERUP B. Rasterstereographic measurement of scoliotic deformity[J]. Scoliosis, 2014, 9(1):22.

[47] YANG J, ZHANG K, FAN H, et al. Development and validation of deep learning algorithms for scoliosis screening using back images[J]. Commun Biol, 2019, 2:390.

[48] WATANABE K, AOKI Y, MATSUMOTO M. An application of artificial intelligence to diagnostic imaging of spine disease: estimating spinal alignment from moiré images [J]. Neurospine, 2019, 16(4):697-702.

[49] ZHENG R, YOUNG M, HILL D, et al. Improvement on the accuracy and reliability of ultrasound coronal curvature measurement on adolescent idiopathic scoliosis with the aid of previous radiographs [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2016, 41(5):404-411.

[50] LI M, CHENG J, YING M, et al. Could clinical ultrasound improve the fitting of spinal orthosis for the patients with AIS? [J]. Eur Spine J, 2012, 21(10):1926-1935.

[51] UNGI T, KING F, KEMPSTON M, et al. Spinal curvature measurement by tracked ultrasound snapshots [J]. Ultrasound Med Biol, 2014, 40(2):447-454.

[52] YOUNG M, HILL D L, ZHENG R, et al. Reliability and accuracy of ultrasound measurements with and without the aid of previous radiographs in adolescent idiopathic scoliosis (AIS) [J]. Eur Spine J, 2015, 24(7):1427-1433.

[53] BASUDE S, MCDERMOTT L, NEWELL S, et al. Fetal hemivertebra: associations and perinatal outcome [J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2015, 45(4):434-438.

[54] PAOLETTI D, ROBERTSON M, SIA S B. A sonographic approach to prenatal classification of congenital spine anomalies [J]. Australas J Ultrasound Med, 2014, 17(1):20-37.

(收稿日期:2021-03-01 本文编辑:杨雅)

(上接第 55 页)

[23] 辛大伟, 张灿, 汤样华, 等. 强直性脊柱炎的中医治疗进展[J]. 中外医学研究, 2020, 18(7):181-183.

[24] LIU M, DENG X L, YU J. Effectiveness and safety of Chinese herbal formula combined with western medicine for an-

kylosing spondylitis: a protocol for systematic review and meta-analysis [J]. Medicine (Baltimore), 2021, 100(25):2021-03-16. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34160412/>.

(收稿日期:2021-03-17 本文编辑:郭毅曼)

(上接第 57 页)

[14] 虎旭昉, 姜楠, 吕雪芳, 等. 当代推拿名家治疗脊髓型颈椎病的思路与方法刍议[J]. 陕西中医药大学学报, 2021, 44(2):49-52.

[15] 许鸿智, 林定坤, 陈博来. 40 例中老年神经根型颈椎病患者多体位 MRI 观察分析[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2018, 26(7):51-53.

[16] 陈树东, 苏国义, 李永津, 等. 脊髓型颈椎病的影像学危

险因素分析[J]. 广东医学, 2017, 38(22):3458-3462.

[17] 杨鹏, 温冰涛, 格日勒, 等. 不同类型颈椎病患者颈伸肌肌容量与颈椎矢状位参数的差异及相关性研究[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2020, 30(6):516-522.

[18] 于杰, 朱立国, 洪毅, 等. 中医综合疗法治疗神经根型颈椎病的疗效评价与长期随访[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2016, 24(9):11-13.

(收稿日期:2021-03-03 本文编辑:杨雅)