

无骨折脱位型脊髓损伤的研究进展

Research progress in spinal cord injury without radiographic abnormality

郭 霜^{1,2,3,4}, 刘嘉义^{1,2,3,4}, 刘梓桐^{1,2,3,4}, 杨明亮^{1,2,3,4}

(1 首都医科大学康复医学院; 2 中国康复研究中心北京博爱医院脊柱脊髓神经功能重建科; 3 北京脑重大疾病研究院神经损伤与修复研究所; 4 北京市神经损伤与康复重点实验室 100068 北京市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2021.10.09

中图分类号: R683.2 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2021)-10-0935-06

无骨折脱位型脊髓损伤 (spinal cord injury without radiographic abnormality, SCIWORA) 由 Pang 在 1982 年第一次提出, 将其定义为在 X 线、CT、脊髓造影和动态 X 线片等放射影像学检查上未发现骨折和脱位迹象的创伤性脊髓病, 并排除了穿透伤、电击、产伤和先天性脊柱畸形的情况^[1]。SCIWORA 多见于儿童, 且 8 岁以下居多^[2]。由于此类脊髓损伤的特殊性, 近年来受到越来越多的关注。笔者就 SCIWORA 的流行病学、致伤原因、临床表现、检查、治疗及预后做一综述, 以提高对于此类脊髓损伤的认识, 为临床诊治提供参考。

1 概念

目前对于此概念的定义和适用范围尚存在争议。随着磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 的应用, 在 MRI 上部分 SCIWORA 患者能够发现神经组织和神经外软组织的微小损伤^[3]。因此有些学者认为这个概念已经不再适用^[4]。然而, Pang 等^[5]认为 MRI 不属于有放射性的影像学检查方法, 同时此概念在 MRI 产生之前即出现, 所以能够沿用至今。临床上, 部分 SCIWORA 患者在 MRI 上也无异常信号表现, Freigang 等^[6]认为应将此类患者归为真正的 SCIWORA。有些学者则更为严谨, 认为这部分患者应被进一步归类为无神经影像学异常的脊髓损伤 (spinal cord injury without neuroimaging abnormality, SCIWONA)^[5]。在成年人当中, 有些患者的椎管狭窄和颈椎退行性病变在 X 线片、CT 上常被忽视, 而被诊断为 SCIWORA, 由于这种非创伤性退行性病变与创伤性损伤很难被分辨, 所以 Como 等^[6]认为将其归于 SCIWORA 略显牵强, 应该把这类脊髓损伤归类为无影像学创伤证据的脊髓损伤 (spinal cord injury without computed tomography evidence of trauma,

SCIWOCTET)。由于最初发现的 SCIWORA 指的是在 X 线片、CT 上无骨折脱位影像的脊髓损伤, 所以我们认为使用 SCIWORA 进行论述较为恰当。

2 流行病学

SCIWORA 约占脊髓损伤的 1%~9%^[7]。儿童 SCIWORA 的流行病学特征与成人不同。SCIWORA 在儿童脊髓损伤中的发生率为 20%, 而在成人脊髓损伤中的发生率则 <1%^[8]。90% 的 SCIWORA 患者为儿童, 其中大部分 <8 岁, 以不完全性脊髓损伤为主^[2], 常见于高能量性损伤, 其中车祸是最主要的致伤原因, 主要涉及颈段^[9]。成人 SCIWORA 中, 青壮年患者居多^[10], 跌倒是主要致伤原因, 以中央型脊髓损伤综合征为主^[9]。

不同年龄阶段儿童 SCIWORA 的发生率、受伤原因和损伤节段均有所差异。 <3 岁的脊髓损伤儿童中, SCIWORA 发生率将近 19.6%; 3~12 岁中, SCIWORA 发生率为 9.4%; 13~20 岁中, SCIWORA 发生率为 5.2%^[11]。一篇系统评价数据 displays 运动损伤和颈段损伤是主要的致伤原因和损伤节段^[12]。0~10 岁之间, 最常见的致伤原因是车祸, 而运动损伤在 11~17 岁儿童患者中多见, 成人 SCIWORA 中摔伤是最主要的致伤原因^[9]。 <8 岁的颈段 SCIWORA 更容易涉及 C4 及以上节段, 随着脊椎的不断成熟, 8~9 岁儿童其颈椎的受力支点下移至下颈段, 因此 >8 岁的儿童随着年龄增加, 上颈段损伤的发生率越来越低^[13]。年龄越小的患儿损伤严重程度越大, 预后较差, 住院花费更多^[14]。

国内的 SCIWORA 的致伤原因具有其自身的独特性。舞蹈练习时脊柱过伸导致儿童 SCIWORA 现象越发普遍。王一吉等^[15]分析了 1989~2014 年中国康复研究中心收治的 275 例儿童脊髓损伤病例, 显示 2003 年后体育运动致伤所占比例越来越高, 其中以舞蹈练习致脊柱损伤为主。随后, 他回顾性分析了 120 例儿童 SCIWORA 患者的临床特征, 发现体育运动是主要致伤原因, 舞蹈下腰动作所致的 SCIWORA 是最主要的低能量损伤类型^[16]。从 2015 年~2019 年数据显示, 舞蹈下腰动作训练仍为主要的致伤原因, 并在体育运动损伤中的占比高达 96.2%^[17]。国外未呈现

基金项目: 北京市自然科学基金项目 (No.7192238); 中国康复研究中心基础科研基金项目 (No.2021zx-08)

第一作者简介: 女 (1998-), 硕士研究生, 研究方向: 脊柱脊髓损伤后并发症治疗

电话: (010)87569088 E-mail: 3104611705@qq.com

通讯作者: 杨明亮 E-mail: chinayml3@163.com

出太大的变化,一项多中心的回顾性临床研究分析了法国 18 岁以下的 SCIWORA 患者,表明致伤原因主要以车祸和摔倒为主,运动损伤的发生率呈现增长趋势,可能与当地文化和橄榄球运动的普及有关^[18]。在国外,种族和经济地位也是影响脊髓损伤机制、损伤严重性、治疗和预后的一个密切相关因素,黑人比其他种族的患者受伤更为严重^[11]。

3 致伤原因与损伤机制

3.1 儿童脊柱解剖特殊性

由于儿童脊柱具有高弹性和高度可塑性,从而稳定性较差。儿童脊柱的解剖学特征如下^[19]:(1)椎体形状呈楔形;(2)关节面浅平;(3)韧带与关节囊弹性大;(4)<10 岁的儿童不具有钩突,侧方和旋转活动范围大;(5)椎间盘含水量高;(6)脊柱终板上的高血管生长带特别脆弱;(7)颈部肌群力量弱,头部与身体的比例不协调,抵抗过度屈曲和伸展的力不足;这些特性使得脊柱移动度超过其正常活动度而不会发生骨折和脱位。

3.2 颈髓损伤

颈段 SCIWORA 的损伤机制包括了以下几个方面:(1)脊柱过伸。当暴力使颈椎过伸时,黄韧带向内突入,使得颈椎管狭窄,同时脊髓会随之增厚,前纵韧带、终板上的高血管生长带撕裂,上椎体向后移位,因儿童关节囊和韧带弹性大,这些组织的一过性拉力容易使得原本脱位的脊柱复位,同时脊柱终板上的高血管生长带的撕裂不会在影像学上表现出异常信号,从而在 X 线片、CT 上不能发现骨折、脱位迹象,但神经受到了损伤,年龄越小此类现象发生率越高^[20]。Luck 等^[21]测试了 24 具年龄在 20 周~18 岁的儿童颈椎尸体标本的拉伸断裂特性,拉力和负重随年龄的增大呈非线性增加,而位移力随年龄的增大呈非线性减少,年龄小的儿童颈椎韧带松弛等更易引起 SCIWORA。成人 SCIWORA 通常伴有椎管狭窄和颈椎退行性病变,常见有骨赘形成,骨赘复合物和黄韧带增厚,使得正常的椎管变得狭窄^[6]。当颈椎过度伸展时,颈椎管的矢状径会减小,同时脊髓会增粗,致使椎管进一步狭窄,此时即便没有颈椎的脱位,黄韧带褶皱向内突出也易导致颈脊髓损伤,从而造成脊髓的压迫^[22]。(2)脊柱过屈。儿童脊椎椎体楔形向前,同时<10 岁的儿童不具有钩突,当外力使得脊柱过屈时脊柱易向前脱位,造成神经损伤,而关节囊、韧带等组织弹性大使脊柱几乎瞬间复位,因而产生 SCIWORA。(3)纵向牵拉。儿童的椎间盘含水量多,脊髓顺应性不及脊柱。成年人椎间盘的高度占整个脊柱高度的 25%,而新生儿椎间盘的高度几乎占据了脊柱整个高度的 1/2,从而脊柱的纵向牵伸弹性大,脊髓顺应性不如脊柱,因此脊髓更易受到伤害^[19]。在一项尸体研究中,新生儿的脊柱纵向牵拉至 5cm 不会发生断裂,而脊髓只能承受 0.64cm 的纵向拉长,随之产生断裂^[23]。(4)脊髓的继发性缺血。各种原因导致的脊髓的继发性缺血都有可能引起脊髓损伤,颈脊髓的过伸和脊髓的直接受压,可使前脊髓的沟血管和终末血管破

裂,由此出现的脊髓水肿可进一步加重脊髓缺血和神经损伤程度^[24]。颈椎间盘的一过性突出也很可能压迫脊髓中央动脉,脊髓中央动脉与脊髓穿动脉交界处恰为灰质前后角部分,此处血供薄弱易受损伤。脊髓的过度前屈和后伸会导致脊髓中微血管的损伤,从而出现继发性缺血导致神经损伤^[25]。

3.3 胸腰段脊髓损伤

大多数 SCIWORA 是涉及颈段的脊髓损伤,胸腰段 SCIWORA 比较少见,大约占 SCIWORA 的 9%~13%^[12]。因为胸段有肋骨的保护,从而可以相对避免因外力而导致脊柱的水平脱位,但是,这种保护作用不足以抵抗脊柱的纵向牵拉^[26]。

国外胸腰段 SCIWORA 的主要损伤类型包括三类^[3]:一是高速行驶的车辆直接撞击直立的儿童;二是涉及安全带和高速行驶的车辆撞击导致的严重牵拉损伤;三是受到慢速行驶车辆的碾压。车祸是致使儿童脊髓损伤的最主要原因,其中安全带损伤比较常见,有 23%~30%涉及安全带损伤的患者属于 SCIWORA,其损伤机制是安全带充当了前支点的作用,使得前屈和牵拉的力均集中在中腰部,从而神经损伤水平主要在胸腰段^[7]。Phillips 等^[2]报道了 2 例在车祸中因不适当的安全带束缚而导致胸段 SCIWORA。国内,舞蹈下腰动作训练是胸腰段 SCIWORA 的最主要的致伤原因。Ren 等^[25]认为舞蹈下腰动作训练所致的脊髓损伤是由原发性和继发性损伤共同导致,舞蹈下腰动作产生纵向的牵拉力致使脊髓损伤,造成脊髓震荡,随之继发性的损伤导致完全和持久的瘫痪。Tong 等^[28]认为下腰后脊髓损伤是由于脊髓缺血导致。Liang 等^[29]报道了 3 例因实施舞蹈下腰动作所致 SCIWORA 患者均在手术中发现了终丝牵拉征,并认为终丝牵拉和持续性的脊髓牵拉是导致脊髓微小损伤的原因。

4 临床表现

SCIWORA 在临床上可表现为不同程度的上下肢无力、感觉异常、腱反射异常和膀胱肠道功能障碍等神经损伤症状。同时,由于 SCIWORA 患者临床表现复杂各异,可表现为脊髓中央、前索、后索或半切综合征^[30]。大部分 SCIWORA 患者损伤后不会立即出现瘫痪症状,而是存在一个 30min~4d 的潜伏期^[3],这些患者通常会有感觉障碍与主观上的无力^[27]。部分 SCIWORA 在临床上呈现迟发性神经功能障碍加重和出现复发性 SCIWORA,被怀疑有隐匿性的脊柱不稳^[3]。SCIWORA 常伴有合并伤。由于儿童 SCIWORA 的致伤原因多为车祸、运动损伤和摔伤,所以合并伤发生率高。Knox 等^[14]报道高达 87%的 SCIWORA 患者具有合并损伤,多见于头部、面部和下肢。大部分成人是在进行生产性活动时致伤,也常合并其他损伤,以脑损伤常见。大约 5%的脑损伤患者会合并脊髓损伤,25%的脊髓损伤患者至少会合并轻微的脑损伤^[10]。因此,当这些损伤出现时,应怀疑是否有脊髓损伤的存在。

5 临床检查

临床检查包括影像学检查和神经生理学检查。检查前应先了解其损伤机制并进行体格检查,若怀疑有脊柱创伤,则需行前后位及侧位 X 线片检查明确是否有骨折,若有骨折或者体格检查情况不符合影像学表现,则需使用 CT 进行排查,MRI 可以很好地显示神经损伤水平。诊断应结合临床检查和临床表现,同时在诊断的过程中需了解不同年龄脊柱的生长状态和患者年龄^[9]。

5.1 X 线片与 CT 检查

顾名思义,SCIWORA 在 X 线平片和 CT 上均表现为无骨折脱位影像。X 线平片是一线的影像学检查项目,其侧位片对骨折的敏感性为 85%,当联合前后位、侧位和张口位这三种经典的体位检查时,敏感性提升至 90%^[10]。动态的屈伸位 X 线平片用于检查患者脊柱是否失稳,伴痉挛的患者可在痉挛缓解后进行该项目的检查^[9]。CT 对于骨折和脱位的敏感性比平片高。临床上,有 6% 的脊柱骨折在 X 线平片上不能显示,需要使用 CT 实行进一步的排查^[10]。对于昏迷患者,由于 SCIWORA 在 X 线片和 CT 上均无异常影像学表现,所以 CT 检查上无异常表现不能认为无神经损伤,此时应施行体感诱发电位(somatosensory evoked potential,SSEP)检查,若有异常,再行 MRI 检查^[9]。对于成年患者,CT 上显示有椎管狭窄和颈椎退行性病变可以提示患者的颈椎可能出现神经损伤,需要引起重视,进一步行 MRI 检查^[9]。

5.2 MRI

MRI 是脊髓损伤最有效的评估手段,但由于空间、时间和体位转移等因素,MRI 在急性创伤性脊髓损伤患者中难以实现第一时间的检查,所以很难成为一线的检查手段^[9]。MRI 对于软组织损伤具有高敏感性^[9]。大约 2/3 的 SCIWORA 患者在 MRI 上会出现异常信号影^[10]。这些异常表现主要包括水肿、出血等。

矢状位流体敏感序列可以在 T2 高信号的基础上检测到水肿和在 T2 低信号的基础上检测到出血^[13]。脊髓损伤后的髓内水肿一般见于损伤后 24~72h^[26]。非神经组织的出血如硬脊膜血肿,高铁血红蛋白在几小时内即可出现,而在神经组织中则需超过 1 周。血液敏感序列,包括梯度回波序列 (gradient echo,GRE) 和磁敏感加权成像 (susceptibility weighted imaging,SWI),可以检测出在 T2 加权序列 (T2 weighted imaging,T2WI) 上不明显的脊髓出血。但因为会受到呼吸、骨组织结构伪影等影响,它们的使用相对局限^[13]。

MRI 检测时间和频次目前具有争议。因为大部分 SCIWORA 的神经损伤是呈动态发展的,所以患者的初始 MRI 上可能并未呈现出异常表现,一段时间后影像学可能出现变化,因此 MRI 的最佳检测时间尚无定论。有些学者认为应该在完成初始 MRI 检查后的 6~9d 进行复查^[33]。因为脊髓损伤可能是不连续的,临床诊断常会忽略非原位的脊髓损伤^[34],因此应在整段脊髓上施行 MRI 检查。一些有

持续性的神经损伤症状的 SCIWORA 并不具有 MRI 异常表现,建议使用弥散加权成像 (diffusion-weighted imaging,DWI) 检查以增加 MRI 诊断敏感性,探查脊髓可能存在的微小损伤^[9]。研究显示,一些不具有常规 MRI 异常表现的患者使用 DWI 检查,发现了高密度信号影^[35]。

5.3 SSEP

SSEP 是 SCIWORA 的一项特殊检查项目。SSEP 是神经系统对周围神经的电刺激做出反应而产生的信号,可检测出运动感觉通路上的各部分是否异常,鉴别皮质和脊髓损伤。SSEP 主要有以下几个方面的作用:(1)检测出神经传导的微小异常;(2)当合并脑损伤时,鉴别瘫痪是始于皮质还是脊髓;(3)昏迷患者可行的脊髓损伤评估方法;(4)鉴别臂丛神经损伤和脊髓损伤。对具有持续性或短暂性神经损伤症状的患者实行伤后 24h 内的 SSEP 检查,其敏感性比 MRI 高^[31]。

6 治疗

治疗主要针对脊髓原发性损伤和并发症等进行处理,并加强神经保护,避免进一步损伤^[36]。SCIWORA 的治疗主要根据神经损伤水平与 MRI 影像表现进行,包括非手术治疗、手术治疗和康复。

6.1 非手术治疗

非手术治疗包括制动、固定和激素的使用。非手术式颈部固定主要使用颈领或支架。固定时间是由神经恢复情况和 MRI 的异常表现来决定的。有神经损伤症状或 MRI 异常表现的 SCIWORA 患者,推荐使用固定。如 MRI 仅有非神经组织的异常表现,推荐使用 2 周的固定,若在 MRI 上发现了神经组织的异常表现,则推荐 12 周的固定和限制 6 个月高危活动^[37]。MRI 表现正常,同时已无神经损伤症状时,之后并不需要持续固定,推荐使用 1~2 周的硬颈托以维持固定^[38]。使用动态的 X 线屈伸位平片评估脊柱稳定性以确定固定的去除时间^[35]。糖皮质激素治疗通常用于大部分 MRI 影像正常的 SCIWORA 患者,仅在 33% 拥有异常影像的 SCIWORA 患者中使用,不推荐长期使用激素^[38]。因为尚无充足的证据证明糖皮质激素治疗可以阻止或减轻创伤后的继发性脊髓损伤,因此激素治疗一直存在争议。但有研究表明在脊髓损伤发生后的 8h 内开始使用甲基强的松龙(静脉注射,30mg/kg),并在伤后 24~48h 使用维持剂量(5.4mg/kg)对于脊髓损伤有潜在的治疗效果^[39]。

6.2 手术治疗

目前,对于 SCIWORA 患者是否需要手术治疗仍存在很大的争议。具有 MRI 异常表现的患者比无异常的患者可能更需要手术治疗,研究数据表明,具有正常 MRI 信号影像的儿童通常没有进行手术治疗,其中 20% 没有使用颈托或支架;具有 MRI 异常表现的儿童,20% 使用了手术固定,只有 7% 未使用颈托或支架^[9]。通常对于在 MRI 上有明确的异常表现如脊髓受压、韧带损伤、失稳等和持续性的神经损伤症状的患者推荐进行手术治疗。手术

的主要目的是进行减压与固定。目前,对于颈段 SCIWORA 的减压手术方式主要采用前路与后路减压。手术方式的选择主要根据受压方向和范围来确定^[40-43];前路减压主要适用于脊髓前方受压、不伴后纵韧带骨化、1~3 节段颈椎间盘突出、脊髓部分局限性受压等情况;后路减压主要适用于脊髓后方受压、伴有后纵韧带及黄韧带肥厚骨化、3 个以上颈椎间盘突出、多节段颈椎管狭窄等情况。对于严重的前后路钳夹型椎管狭窄,可考虑前后路联合手术。SCIWORA 的脊柱有失稳的风险,需在减压后加内固定、植骨融合术。MRI 影像正常或仅有神经损伤(例如:脊髓挫伤但无受压)的患者不推荐手术治疗^[3]。手术不是治疗的金标准,除非在 MRI 上具有明确的异常表现,同时伴有神经损伤无任何改善或进行性加重^[3]。具体治疗选择流程如图 1^[3]。

6.3 康复

因为大部分的 SCIWORA 患者是儿童,脊髓损伤所造成的功能障碍对于其后期的学习生活有着长远的影响,所以康复至关重要^[30]。与成人不同,儿童需要从幼年时期过渡至成年时期,所以针对儿童 SCIWORA 患者,康复的目标主要是使功能最大化,更加注重患者生理和心理上的独立性,康复的方式更加注重教育,不仅是对患者的教育,还包括家长和老师的教育^[44]。

在不同的受伤年龄,儿童所习得的技能不同,对于神经源性膀胱和肠道的康复问题需要根据受伤年龄来决定。有研究建议在儿童 3 岁时即开始间歇性导尿,在 5~7 岁时教会其实现独立的膀胱管理,在 2~4 岁左右教会儿童进行肠道管理^[44]。

脊柱侧凸和髋关节脱位/半脱位在脊髓损伤患儿中高发。几乎所有的脊髓损伤患儿都会出现脊柱侧凸,超过 90% 的患儿会出现髋关节的脱位/半脱位。严格的监督和指导对于预防这两种并发症极其重要,胸腰骶支架置入和矫形器的佩戴可以有效减缓侧凸的进程和推迟患者手术时

间。当发生严重的脊柱侧凸和髋关节脱位/半脱位时,推荐进行手术治疗。脊柱融合术的适应证包括 Cobb 角 $>40^{\circ}$,年龄 >10 岁^[44]。

7 预后

SCIWORA 的预后主要和患者的年龄、初始神经损伤程度和 MRI 的异常表现有关^[3]。年龄小的患者预后较差,可能是因为年龄小患者的致伤原因多为车祸和摔倒,上颈段更易受累^[3]。

初始神经损伤程度是最好的预后评判指标。临床上常使用美国脊柱损伤残损分级 (ASIA Impairment scale, AIS) 来评估患者的神经损伤严重程度。Carroll 等^[12]系统评价了 SCIWORA 患者的初始神经损伤严重程度和预后的关系,纳入了 433 例患者,表明 AIS 初始评级为 A 级的儿童患者预后较成人 A 级的患者差,初始评分为 D 级的患者具有最大的完全恢复可能性。74% 的不完全性神经损伤患者的神经损伤分级可以获得明显的提高,其中 59% 可以获得完全的神经恢复,但是对于完全性脊髓损伤患者,神经损伤评级有提高的患者比例不及 10%^[14]。

近年来,很多研究表明 MRI 能够较好地评估 SCIWORA 患者的预后。Freigang 等^[4]评估了 32 例无 MRI 异常表现的 SCIWORA 患者,所有患者的神经损伤症状在伤后 1~13d 内均完全恢复。Mahajan 等^[5]的研究显示在 MRI 上无异常表现的 SCIWORA 患者比有异常表现的患者具有更好的临床预后,并且在 X 线片、CT 和 MRI 上均无异常表现的患者更可能获得完全或接近完全的神经恢复,且不需要手术干预。Pang 等^[3]在 2004 年即阐述了 MRI 对评估 SCIWORA 预后的作用,发现即使初始的神经损伤平面一致,在 MRI 上仅有水肿或小出血点的预后要好于大的出血,仅有水肿表现代表着更好的预后。Bozzo 等^[32]描述了 65% 具有 MRI 出血表现的 SCIWORA 患者的神经损伤较为严重,预后较差。很多学者将 MRI 显示的异常信号表现进行分类以探究其与预后的关系。Boese 等^[46]强调了 MRI 在评估 SCIWORA 预后中的作用,他将 SCIWORA 的 MRI 影像分为四类: MRI 上无异常表现 (I 型); 仅在非神经组织上有异常表现 (II a 型); 仅在神经组织上有异常表现 (II b 型); 合并非神经组织和神经组织异常表现 (II c 型), 检索纳入了 40 篇文献,共 114 例病例,经数据分析后发现 I 型 SCIWORA 预后最好,其次是 II a、II c 型, II b 型预后最差^[46]。Dreizin 等^[13]则将 SCIWORA 急性期脊髓损伤的 MRI 影像分为四类: 无异常表现; 单水平的水肿表现; 多水平的水肿表现; 混合出血和水肿表现,有脊髓出血表现的脊髓损伤患者预后最差,其中 95% 的患者无任何神经恢复。以上研究均表明,SCIWORA 的预后与 MRI 异常表现的范围和种类有关,水肿表现代表着较好的预后,而出血信号则代表着相对较差的预后,同时,异常表现的范围越大,则预后越差。有研究表明即便进行手术减压治疗, MRI 上具有水肿的异常表现会比出血的预后更好^[47]。

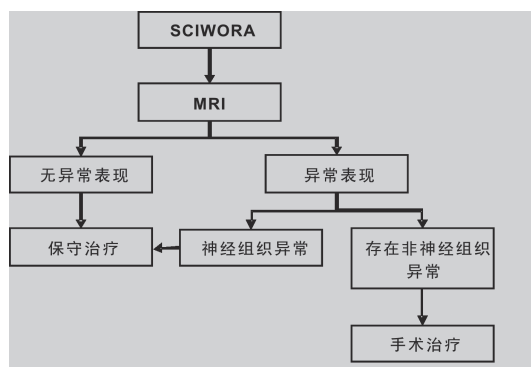


图 1 SCIWORA 患者治疗选择流程图^[3]。保守治疗包括 12 周的固定和 6 个月的高危活动限制。非神经组织异常包括韧带损伤、失稳等。存在非神经组织异常即包括仅有非神经组织的异常和同时具有神经组织和非神经组织的异常,尤其是 MRI 上具有明确异常表现和持续性或进行性加重的神经损伤症状患者更加提示需要进行手术治疗

同时,对于 SCIWORA 患者,由于脊髓损伤而导致的各种并发症的产生如坠积性肺炎、脊柱畸形等都会致使患者预后差^[44]。

8 总结

SCIWORA 常见于儿童,国外的 SCIWORA 主要累及颈段,胸腰段少见;然而国内 SCIWORA 主要是胸腰段的损伤,体育运动所致 SCIWORA 逐渐占据主导地位,其中舞蹈下腰动作训练所致 SCIWORA 的发生率越来越高,应引起高度重视,应加强对于舞蹈机构的监督,教师和家长应避免儿童在无指导或无监督下进行舞蹈练习。MRI 的使用使我们对于这类脊髓损伤有了更深的认识,并为 SCIWORA 的治疗及预后提供了重要依据。然而目前,对于这类脊髓损伤的诊治大多是经验性的,且大部分文献是回顾性的临床研究与病例报道,缺乏高质量的研究。同时,对于 SCIWORA 的损伤机制及治疗并未达成共识。因此,对于其损伤机制与治疗方法需进一步探究。

9 参考文献

- Pang D. Spinal cord injury without radiographic abnormalities in children[J]. J Neurosurg, 1982, 57(1): 114-129.
- Phillips BC, Pinckard H, Pownall A, et al. Spinal cord avulsion in the pediatric population: case study and review [J]. Pediatr Emerg Care, 2013, 29(10): 1111-1113.
- Pang D. Spinal cord injury without radiographic abnormality in children, 2 decades later[J]. Neurosurgery, 2004, 55(6): 1325-1343.
- Freigang V, Butz K, Seebauer CT, et al. Management and mid-term outcome after "Real SCIWORA" in children and adolescents[J]. Global Spine J, 2021 Jan 7; 2192568220979131.
- Mahajan P, Jaffe DM, Olsen CS, et al. Spinal cord injury without radiologic abnormality in children imaged with magnetic resonance imaging [J]. J Trauma Acute Care Surg, 2013, 75(5): 843-847.
- Como JJ, Samia H, Nemunaitis GA, et al. The misapplication of the term spinal cord injury without radiographic abnormality (SCIWORA) in adults[J]. J Trauma Acute Care Surg, 2012, 73(5): 1261-1266.
- Pang D, Pollack IF. Spinal cord injury without radiographic abnormality in children--the SCIWORA syndrome[J]. J Trauma, 1989, 29(5): 654-664.
- Sayama C, Chen T, Trost G, et al. A review of pediatric lumbar spine trauma [J]. Neurosurg Focus, 2014, 37(1): E6.
- Guo H, Liu J, Qi X, et al. Epidemiological characteristics of adult SCIWORA in Tianjin, China: a preliminary study [J]. Eur Spine J, 2012, 21(1): 165-171.
- Bonfanti L, Donelli V, Lunian M, et al. Adult spinal cord injury without radiographic abnormality(SCIWORA): two case reports and a narrative review [J]. Acta Biomed, 2019, 89(4): 593-598.
- Piatt JH Jr. Pediatric spinal injury in the US: epidemiology and disparities [J]. J Neurosurg Pediatr, 2015, 16(4): 463-471.
- Carroll T, Smith CD, Liu X, et al. Spinal cord injuries without radiologic abnormality in children: a systematic review [J]. Spinal Cord, 2015, 53(12): 842-848.
- Dreizin D, Kim W, Kim JS, et al. Will the real SCIWORA please stand up? exploring clinicoradiologic mismatch in closed spinal cord injuries [J]. AJR Am J Roentgenol, 2015, 205(4): 853-860.
- Knox J. Epidemiology of spinal cord injury without radiographic abnormality in children: a nationwide perspective[J]. J Child Orthop, 2016, 10(3): 255-260.
- 王一吉, 周红俊, 卫波, 等. 儿童脊髓损伤 275 例人口学与损伤特点[J]. 中华实用儿科临床杂志, 2015, 30(23): 1798-1800.
- 王一吉, 周红俊, 卫波, 等. 儿童无骨折脱位型脊髓损伤 120 例临床特征分析[J]. 中华医学杂志, 2016, 96(2): 122-125.
- 刘根林, 周红俊, 李建军, 等. 儿童脊髓损伤致伤原因变化特点[J]. 中国康复理论与实践, 2020, 26(4): 373-376.
- Brauge D, Plas B, Vinchon M, et al. Multicenter study of 37 pediatric patients with SCIWORA or other spinal cord injury without associated bone lesion [J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2020, 106(1): 167-171.
- Mortazavi MM, Mariwalla NR, Horn EM, et al. Absence of MRI soft tissue abnormalities in severe spinal cord injury in children: case-based update [J]. Childs Nerv Syst, 2011, 27(9): 1369-1373.
- Flanders AE, Schaefer DM, Doan HT, et al. Acute cervical spine trauma: correlation of MR imaging findings with degree of neurologic deficit[J]. Radiology, 1990, 177(1): 25-33.
- Luck JF, Nightingale RW, Song Y, et al. Tensile failure properties of the perinatal, neonatal, and pediatric cadaveric cervical spine[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2013, 38(1): E1-12.
- Taylor AR. The mechanism of injury to the spinal cord in the neck without damage to vertebral column [J]. J Bone Joint Surg Br, 1951, 33-b(4): 543-547.
- Leventhal HR. Birth injuries of the spinal cord [J]. J Pediatr, 1960, 56(4): 447-453.
- Aminoff MJ. Cerebrovascular disease: pathophysiology, diagnosis, and management, vols 1 and 2[J]. JAMA, 1998, 280(24): 2129.
- Ren J, Zeng G, Ma YJ, et al. Pediatric thoracic SCIWORA after back bend during dance practice: a retrospective case series and analysis of trauma mechanisms [J]. Childs Nerv Syst, 2017, 33(7): 1191-1198.
- Park MC, Bok SK, Lee SJ, et al. Delayed onset of thoracic SCIWORA in adults [J]. Ann Rehabil Med, 2012, 36(6): 871-875.
- Vogel LC, Betz RR, Mulcahey MJ. Spinal cord injuries in children and adolescents[J]. Handb Clin Neurol, 2012, 109:

- 131–148.
28. Tong AN, Zhang JW, Zhou HJ, et al. Ischemic damage may play an important role in spinal cord injury during dancing [J]. *Spinal Cord*, 2020, 58(12): 1310–1316.
29. Liang QC, Yang B, Song YH, et al. Real spinal cord injury without radiologic abnormality in pediatric patient with tight filum terminale following minor trauma: a case report [J]. *BMC Pediatr*, 2019, 19(1): 513.
30. Konovalov N, Peev N, Zileli M, et al. Pediatric cervical spine injuries and SCIWORA: WFNS Spine Committee Recommendations [J]. *Neurospine*, 2020, 17(4): 797–808.
31. Atesok K, Tanaka N, O'Brien A, et al. Posttraumatic spinal cord injury without radiographic abnormality [J]. *Adv Orthop*, 2018, 2018: 7060654.
32. Bozzo A, Marcoux J, Radhakrishna M, et al. The role of magnetic resonance imaging in the management of acute spinal cord injury [J]. *J Neurotrauma*, 2011, 28(8): 1401–1411.
33. Shah LM, Zollinger LV. Congenital craniocervical anomalies pose a vulnerability to spinal cord injury without radiographic abnormality(SCIWORA) [J]. *Emerg Radiol*, 2011, 18(4): 353–356.
34. Rolfe K, Beck A, Kovach T, et al. Non-locality and the misdiagnosis of spinal cord injury without radiographic abnormality: proof of concept [J]. *Spinal Cord Ser Cases*, 2019, 5: 11.
35. Szwedowski D, Walecki J. Spinal cord injury without radiographic abnormality (SCIWORA)—clinical and radiological aspects [J]. *Pol J Radiol*, 2014, 79: 461–464.
36. Lemley K, Bauer P. Pediatric spinal cord injury: recognition of injury and initial resuscitation, in hospital management, and coordination of care [J]. *J Pediatr Intensive Care*, 2015, 4(1): 27–34.
37. Mortazavi M, Gore PA, Chang S, et al. Pediatric cervical spine injuries: a comprehensive review [J]. *Childs Nerv Syst*, 2011, 27(5): 705–717.
38. Farrell CA, Hannon M, Lee LK. Pediatric spinal cord injury without radiographic abnormality in the era of advanced imaging [J]. *Curr Opin Pediatr*, 2017, 29(3): 286–290.
39. Bracken MB. Steroids for acute spinal cord injury [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2012, 1(1): CD001046.
40. 马晓生, 姜建元, 吕飞舟, 等. 无骨折脱位颈脊髓中央损伤综合征的手术疗效及其影响因素 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2015, 25(4): 298–303.
41. 赵同生. 外科充分减压手术与保守综合方案治疗无骨折脱位型脊髓损伤的临床比较[J]. *颈腰痛杂志*, 2018, 39(3): 361–362.
42. 范会龙, 吴华荣, 连芳, 等. 锁定钛板内固定联合颈前路减压植骨融合术治疗成人无骨折脱位型颈脊髓损伤的临床研究 [J]. *解放军预防医学杂志*, 2019, 37(4): 90–91.
43. Qi C, Xia H, Miao D, et al. The influence of timing of surgery in the outcome of spinal cord injury without radiographic abnormality (SCIWORA) [J]. *J Orthop Surg Res*, 2020, 15(1): 223.
44. Powell A, Davidson L. Pediatric spinal cord injury: a review by organ system [J]. *Phys Med Rehabil Clin N Am*, 2015, 26(1): 109–132.
45. Fiaschi P, Severino M, Ravegnani GM, et al. Idiopathic cervical hematomyelia in an infant: spinal cord injury without radiographic abnormality caused by a trivial trauma? case report and review of the literature[J]. *World Neurosurg*, 2016, 90: 38–44.
46. Boese CK, Oppermann J, Siewe J, et al. Spinal cord injury without radiologic abnormality in children: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2015, 78(4): 874–882.
47. Zhu F, Yao S, Ren Z, et al. Early durotomy with duroplasty for severe adult spinal cord injury without radiographic abnormality: a novel concept and method of surgical decompression [J]. *Eur Spine J*, 2019, 28(10): 2275–2282.

(收稿日期:2021-04-14 末次修回日期:2021-07-14)

(本文编辑 李伟霞)