

· 影像诊断 ·

应用图像融合技术诊断强直性脊柱炎

——图像融合技术在骨与关节疾病诊断中的应用(五)

张敏,刘玉珂,王军辉,陈亚玲,郭艳幸,李无阴,高书图,杜天信

(河南省洛阳正骨医院,河南 洛阳 471002)

关键词 图像处理,计算机辅助 脊柱炎,强直性 体层摄影术,发射型计算机,单光子 体层摄影术,X 线计算机 数字透视摄影术

强直性脊柱炎(ankylosing spondylitis, AS)是一种病因不明的慢性炎症性疾病,主要累及骶髂关节、脊柱小关节以及周围的韧带和肌腱,四肢关节亦可受累。病变特点是发生在肌腱和韧带附着部位的炎症和钙化,同时可有软骨骨化和滑膜炎^[1]。对于具有临床症状和放射学解剖形态改变的 AS 多能明确诊断,而对具有一定的临床症状但还没有发生明显放射学解剖形态改变的早期 AS 的诊断较困难,尤其是肌腱、韧带附着部位的早期炎症及软组织病变更难以显示。AS 的早期诊断以及了解其是否活动并及时治疗对遏制病情进展、降低致残率具有重要意义。因此,寻找一种能够早期、全面反映 AS 病变的诊断方法就显得迫在眉睫。随着影像诊断技术的快速发展,形态与功能图像的融合广泛应用于各种疾病的影像诊断。目前,一种将核医学的代谢和功能图像与数字透视摄影技术(digital radiography, DR)、CT 及 MRI 的解剖学形态图像进行融合的图像融合技术应运而生,它很好地解决了这一问题,弥补了功能图像和解剖图像各自的缺点而充分发挥其优势,从而有助于显示早期病变及其侵犯范围,为临床制定科学的治疗方案提供客观的依据。2008 年 11 月至 2010 年 11 月,我们采用单光子发射计算机断层成像术(single photon emission computerized tomography, SPECT)与同机 CT 或异机数字透视摄影术(digital radiography, DR)进行不同方式的图像融合处理,对 78 例 AS 患者作出了正确诊断,现总结报告如下。

1 临床资料

本组 78 例 AS 患者,男 55 例,女 23 例。年龄 18~79 岁,平均 43 岁。临床诊断符合 1984 年美国纽约

修订标准^[2]。67 例有下腰部或腰、臀部疼痛,程度逐渐加重,其中 45 例疼痛持续 3 个月以上,51 例伴有明显的晨僵,活动后缓解;36 例腰椎活动受限;40 例“4”字试验阳性;54 例伴有周围关节疼痛,以非对称性、下肢大关节居多;70 例 HLA-B27 呈阳性;58 例红细胞沉降率升高;49 例 C 反应蛋白升高;32 例血清碱性磷酸酶升高;78 例类风湿因子均为阴性。

2 检查方法

所有患者均采用西门子 Symbia-T6 SPECT-CT 图像融合系统行病变部位 SPECT 断层扫描及同机 CT 扫描,扫描前 3~4 h 静脉注射^{99m}Tc-MDP 20~25 mCi,CT 扫描层厚 1.25 mm 或 2 mm,层距 0.9 mm 或 1.6 mm,螺距 1;3 例患者行 SPECT 断层扫描后采用 DR7500 数字放射成像系统(柯达公司生产)摄骶髂关节或腰椎正侧位 DR 片。SPECT-CT 图像采用西门子 Symbia-T6 随机工作站图像融合软件进行融合,SPECT-DR 图像采用自制图像融合软件进行融合。

3 结果

3.1 SPECT 图像

3.1.1 关节炎 78 例表现为受累关节处放射性核素异常浓聚,跨越关节间隙[图 1(1)至图 4(1)、图 2(7)、图 2(10)]。78 例骶髂关节均受累,其中合并椎体关节突关节受累 55 例,髋关节受累 39 例,胸骨柄体关节受累 22 例,其余关节受累 18 例,仅骶髂关节受累而不合并其他关节受累 16 例。

3.1.2 肌腱或韧带附着点炎 62 例表现为肌腱或韧带于骨骼附着部位放射性核素异常浓聚[图 1(4)至图 4(4)],其中累及椎体前缘及附件 43 例,耻骨联合 36 例,坐骨结节 25 例,股骨大转子 17 例,其余骨

突部位 12 例。

3.1.3 骨炎 32 例表现为相应骨骼内的放射性核素异常浓聚,程度较关节炎及韧带附着点炎为轻[图 1(4)、图 2(7)],其中累及椎体 26 例,胸骨 11 例,髌骨 5 例。

3.1.4 软组织炎 5 例表现为跖腱膜及足跟部软组织内放射性核素异常浓聚,其分布形态多不规则[图 3(7)]。

3.2 CT 及 SPECT-CT 融合图像

3.2.1 关节炎 ①56 例 CT 图像表现为受累关节面对称或不对称性模糊、糜烂,关节面骨质侵蚀破坏、凹凸不平同时伴骨质增生、硬化,关节间隙变窄乃至消失,具有典型的 AS 征象[图 1(2)、图 2(2)、图 2(8)、图 2(11)];SPECT-CT 融合图像均表现为关节部位不同程度、不同范围的放射性核素异常浓聚[图 1(3)、图 2(3)、图 2(9)、图 2(12)],其中,12 例骶髂关节及 4 例髌关节间隙消失、骨小梁通过关节间隙形成骨性强直,3 例骶髂关节及 1 例髌关节呈不对称性局部放射性核素异常浓聚。②15 例 CT 图像表现为关节面模糊,轻度骨质硬化,可见微小的骨侵蚀破坏区,关节间隙轻度变窄或正常[图 3(2)],仅凭 CT 图像只

能诊断疑似 AS;而 SPECT-CT 融合图像表现为病变关节部位明显的放射性核素异常浓聚,以骶髂关节为著,双侧对称[图 3(3)]。③7 例 CT 图像仅见关节面轻度模糊,未见明显骨侵蚀破坏区,关节腔内可有少量积气,关节间隙保持正常[图 4(2)],仅凭 CT 图像诊断困难;SPECT-CT 融合图像表现为病变关节部位放射性核素异常浓聚[图 4(3)]。

3.2.2 肌腱或韧带附着点炎 45 例 CT 表现为肌腱或韧带于骨骼附着部位骨质硬化、增生、边缘毛糙[图 1(5)、图 2(5)],可见钙化或骨化的肌腱、韧带与骨骼相连,其中 10 例脊柱的韧带广泛钙化、骨化并形成典型的“方椎”或“竹节椎”征象;SPECT-CT 融合图像表现为肌腱或韧带于骨骼附着部位放射性核素异常浓聚[图 1(6)、图 2(6)],并可向肌腱或韧带部延续。12 例 CT 扫描仅见肌腱或韧带附着点轻度骨质增生、硬化,边缘轻度毛糙,未见肌腱或韧带钙化影[图 4(5)];SPECT-CT 融合图像表现为肌腱或韧带附着点放射性核素异常浓聚[图 4(6)]。5 例 CT 扫描肌腱或韧带附着点未见明显异常[图 3(5)];SPECT-CT 融合图像可见肌腱附着点骨骼放射性核素异常浓聚[图 3(6)]。

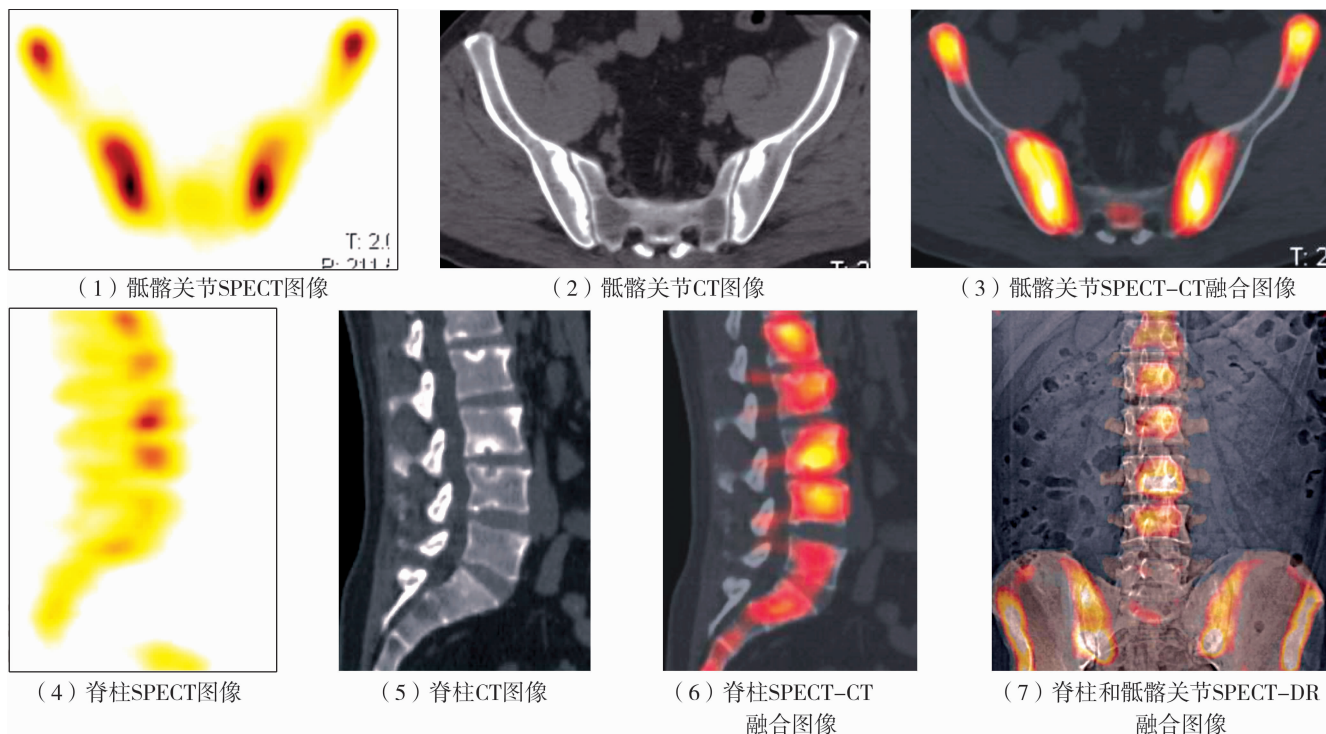


图 1 患者,男性,43 岁,强直性脊柱炎

(1)(2)(3) AS 所致的双侧骶髂关节炎,骶髂关节放射性核素异常浓聚,跨越两侧关节面;CT 图像显示双侧骶髂关节面对称性侵蚀破坏、凹凸不平伴骨质硬化,关节间隙变窄,为典型的 AS 表现;融合图像既显示了病变的准确解剖结构,又显示了病变的功能、代谢情况 (4)(5)(6) AS 所致的肌腱、韧带附着点炎及终板软骨炎、骨炎,腰椎椎体及附件多发放射性核素异常浓聚,尤以终板软骨炎及椎体前纵韧带附着点处为著,椎体内骨炎呈“串珠”样放射性核素异常浓聚,但程度较轻 (7) SPECT-DR 图像能整体性了解腰椎及骶髂关节的解剖形态和放射性核素浓聚情况

3.2.3 骨炎 32 例 CT 图像未见明显异常改变[图 1(5)、图 2(8)];而 SPECT-CT 融合图像表现为骨骼内的放射性核素异常浓聚区[图 1(6)、图 2(9)],其中 26 例椎体骨炎,表现为连续多椎体内分布的团状放射性核素异常浓聚,呈“串珠”样改变[图 1(6)]。

3.2.4 软组织炎 5 例 CT 图像未见明显异常改变[图 3(8)],而 SPECT-CT 融合图像表现为足前部跖腱膜处放射性核素异常浓聚[图 3(9)]。

3.3 DR 及 SPECT-DR 融合图像

3.3.1 关节炎 3 例 DR 图像均见骶髂关节面对称性糜烂、不光整,关节面下骨质侵蚀破坏,周围骨质增

生、硬化;腰椎关节突关节间隙变窄,关节面模糊不光整;SPECT-DR 融合图像表现为双侧骶髂关节、椎间关节放射性核素异常浓聚[图 1(7)]。

3.3.2 肌腱或韧带附着点炎 3 例 DR 图像显示腰椎体前缘上下角呈唇样骨质增生、硬化,椎体附件肌腱或韧带附着处呈不规则骨质增生、肥大;SPECT-DR 融合图像表现为椎体前缘上下角及椎体附件肌腱或韧带附着处的放射性核素异常浓聚[图 1(7)]。

3.3.3 骨炎及软组织炎 3 例 DR 图像未显示明显的骨炎及软组织炎改变;SPECT-DR 融合图像可见多个椎体内放射性核素异常浓聚,呈“串珠”样改变,软组织内未见明显放射性核素异常分布[图 1(7)]。

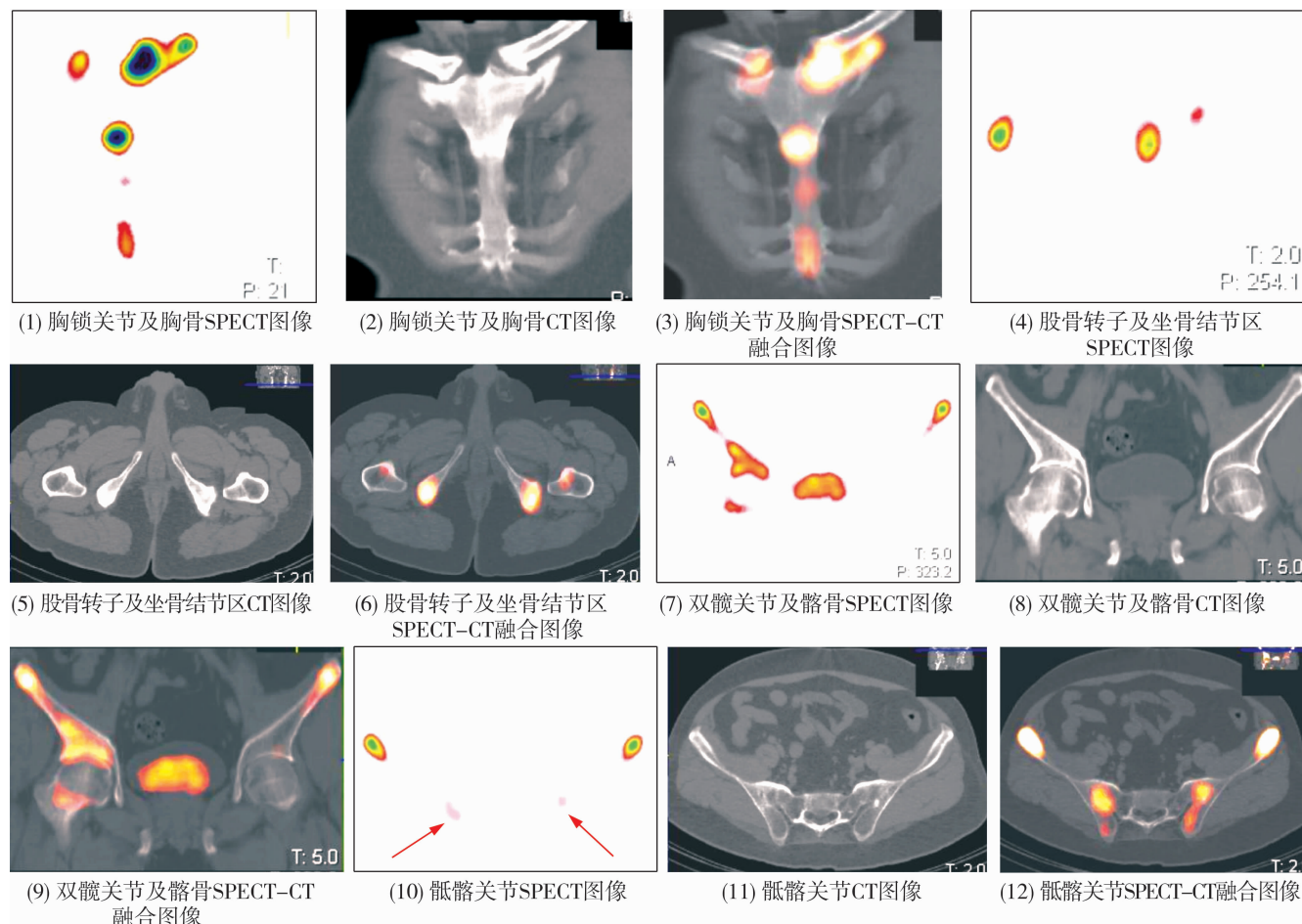


图 2 患者,男性,40 岁,强直性脊柱炎

(1)(2)(3) AS 所致的胸锁关节及胸骨柄、体关节炎。SPECT 较敏感,但定位不准确;CT 图像显示上述关节面毛糙,骨质硬化,关节间隙变窄,边缘骨质增生;融合图像显示上述关节放射性核素异常浓聚,以左侧胸锁关节及胸骨柄、体关节为著 (4)(5)(6) AS 所致的股骨转子及坐骨结节区肌腱、韧带附着点炎。SPECT 图像显示双侧股骨大、小转子及坐骨结节区放射性核素异常浓聚;CT 图像可见上述部位边缘骨质硬化,增生,呈“棘状”向附着韧带延伸;融合图像更清晰、准确地显示肌腱附着点处的放射性核素异常浓聚 (7)(8)(9) AS 所致双侧髋关节炎及右髂骨骨炎。SPECT 图像显示右髋关节及髂骨体部放射性核素异常浓聚;CT 图像显示双侧髋关节间隙变窄、关节面不光整、边缘骨质增生,右侧髂骨体部仅见轻度骨质硬化;融合图像显示双侧髋关节及右侧髂骨体部均有放射性核素异常浓聚,以右髋关节及髂骨体部为著 (10)(11)(12) AS 所致双侧骶髂关节炎。SPECT 图像显示双侧骶髂关节放射性核素轻度异常浓聚(箭头处);CT 图像显示双侧骶髂关节间隙消失,关节面骨性融合;而融合图像则显示在解剖图像上骨性融合的骶髂关节仍有不对称性的放射性核素异常浓聚

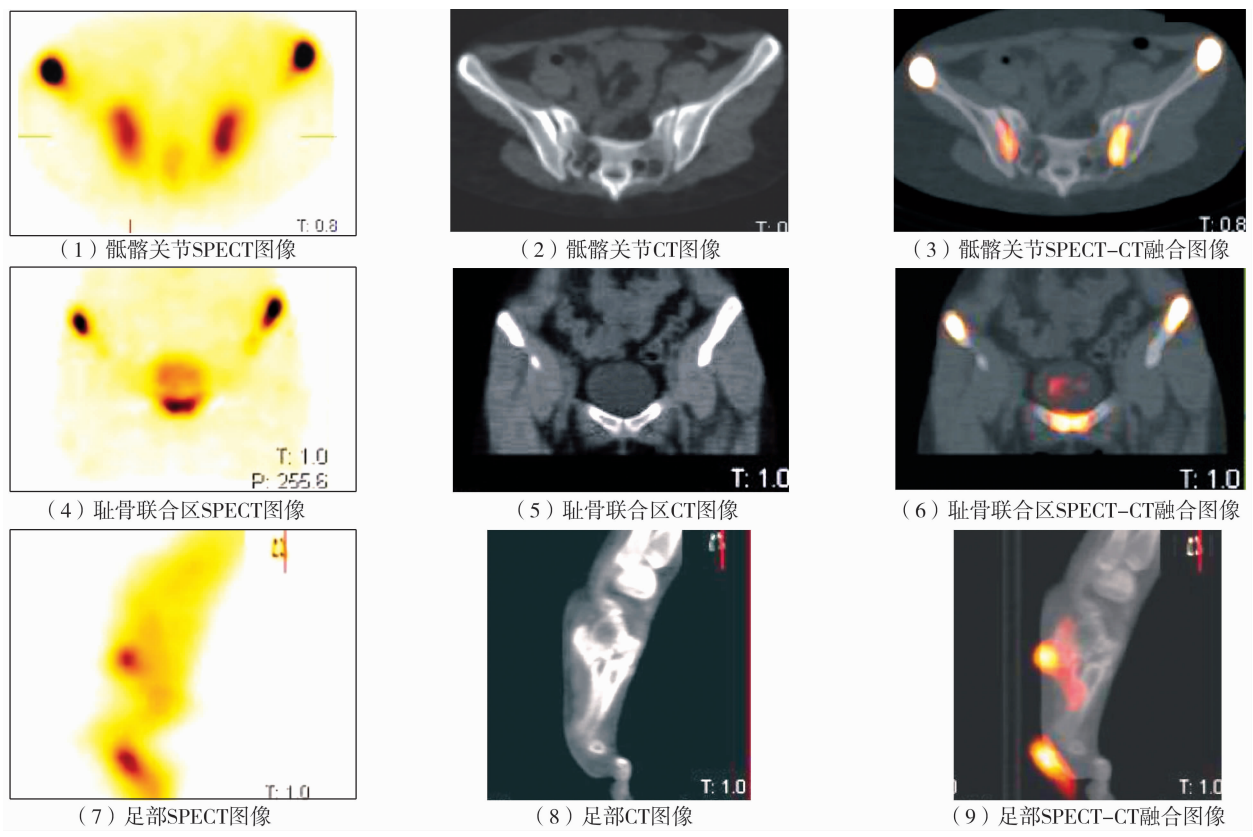


图3 患者,女性,21岁,强直性脊柱炎

(1)(2)(3)AS 所致的双侧骶髂关节炎。SPECT 图像显示双侧骶髂关节对称性放射性核素异常浓聚;CT 图像显示双侧骶髂关节面轻度骨质硬化,关节面尚光整,右侧关节腔内可见少量积液,据此诊断 AS 较困难;融合图像显示双侧骶髂关节对称性放射性核素异常浓聚 (4)(5)(6)AS 所致的耻骨联合肌腱、韧带附着点炎。SPECT 图像显示耻骨联合区放射性核素异常浓聚;CT 图像显示耻骨联合未见明显异常改变;而融合图像则准确地显示耻骨联合区放射性核素异常浓聚 (7)(8)(9)AS 所致的软组织炎。SPECT 图像显示足跖腱膜及足跟处放射性核素异常浓聚;CT 图像未见明显异常;融合图像准确显示在足跖腱膜及足跟处放射性核素异常浓聚。仅凭 SPECT 或 CT 任何一种检查方法或单部位的图像表现,诊断 AS 均较困难;而综合分析融合图像及多部位的影像表现,诊断 AS 就相对容易

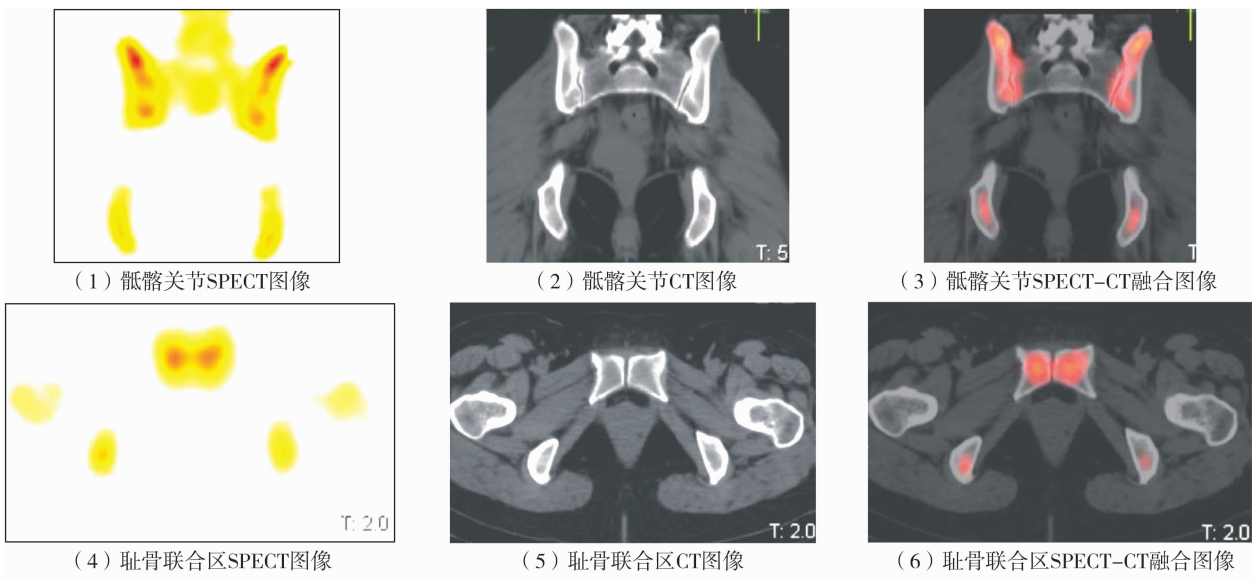


图4 患者,女性,30岁,强直性脊柱炎

(1)(2)(3)AS 所致的双侧骶髂关节炎。SPECT 图像显示双侧骶髂关节放射性核素异常浓聚;而 CT 图像仅见双侧骶髂关节关节面骨质轻度硬化,关节面光整,关节间隙正常;融合图像则清晰、准确地显示了病变部位的解剖结构和早期的功能、代谢情况 (4)(5)(6)AS 所致的耻骨联合肌腱、韧带附着点炎。SPECT 图像显示耻骨联合处放射性核素异常浓聚;CT 显示双侧耻骨结节边缘“刺”状骨质增生;融合图像则早期准确地显示耻骨联合区放射性核素异常浓聚

4 讨 论

AS 是一种以危害青少年为主的慢性、免疫性、致残性疾病,病因和发病机制未明,目前认为与遗传、感染、免疫等多种因素有关,好发于 15 ~ 35 岁的男性。患者的血清类风湿因子通常呈阴性,属于血清阴性脊柱关节病的一种,HLA - B27 与 AS 发病关系密切。本病起病隐袭,进展缓慢,下腰部疼痛是最常见、也常最早发生的症状。疼痛可由单侧至双侧,由间歇性至持续性,程度逐渐加重。早期病变活动时可有明显的晨僵,活动后缓解,严重者可持续整天。晚期疼痛消失,脊柱、关节强直甚至畸形。在脊柱、骨盆、四肢关节的肌腱、韧带附着点有明显的疼痛和炎症改变,周围关节受累呈非对称性分布,少数或单关节发病,以下肢大关节居多为主要特征,关节外多个系统均可受累。

AS 对肌肉骨骼系统的侵犯,可分为关节炎、肌腱或韧带附着点炎(骨突炎)、骨炎、软组织炎 4 类。AS 最为特征性的病理改变是肌腱、韧带及关节囊的骨骼附着部的慢性炎症,主要发生在骶髂关节、脊柱小关节和四肢关节。滑膜关节的病理改变为滑膜绒毛状增生,但渗出较少,同时关节软骨骨化继以显著的纤维组织增生,关节发生骨性强直,软骨下骨可有明显的增生、硬化。软骨关节如脊柱的椎体终板、耻骨联合和胸部柄体关节面也同样发生类似的炎症性改变,关节软骨退化,逐渐发生钙化和骨化,关节面骨质出现侵蚀和硬化改变,最终导致关节的骨性强直。病变部位的骨骼受到侵蚀而出现骨髓炎、水肿,病程进展可逐渐发生钙化和骨化,甚至形成骨桥,导致脊柱呈竹节样改变,周围结缔组织也会发生类似改变。骶髂关节炎是 AS 的特征性影像表现,多出现在病程的早期,开始可表现为单侧或不对称性炎症,但后期均发展为双侧对称性病变;由于骶髂关节的解剖特点,病变通常从关节下部开始,且往往首先出现在髂骨侧且程度重,髌骨面的病变出现晚而程度轻。

AS 虽然发病率低,但致残率较高,目前尚无特异性治疗方法,而早期诊断和治疗对于该病的病程进展和愈后意义重大。以往 AS 的诊断主要依靠病史、临床表现和传统的骶髂关节 X 线检查,即按照 1984 年美国纽约修订标准^[2]进行诊断,但 AS 自发病到 X 线片发现骶髂关节病变一般约需 6 个月^[3],故对有临床症状而传统影像学检查阴性者难以早期诊断。

CT 及 MRI 扫描能更清晰地显示 AS 所致的关节

炎、肌腱或韧带附着点炎,对关节和骨质的侵蚀破坏显示更为清晰,能较 X 线更早发现病变,还能检出各种形态的关节软骨钙化以及一些小韧带的骨化,图像分辨率高,解剖定位准确,诊断特异性较高,对病变的评价更为全面;但 CT 和 MRI 无法反映组织的功能、代谢情况,仍然未能解决病变关节和骨骼尚未发生解剖形态改变时早期 AS 的诊断问题。本组 78 例中,仅凭 CT 及 DR 影像表现有 56 例能够明确诊断,22 例可疑或不能明确诊断,5 例肌腱或韧带附着点显示正常,而 32 例骨炎及 5 例软组织炎则完全不能显示。

应用放射性核素骨显像诊断 AS 已有不少报道,但多局限于对骶髂关节骨显像特征的描述,而对骶髂关节以外的其他关节、肌腱或韧带附着处骨骼及骨质内、软组织内的骨显像表现少有报道。放射性核素骨显像是以病变区血流分布及骨质代谢活跃程度等机能变化为基础,病变部位血供、骨盐代谢和成骨过程发生改变,骨显像即可发生异常,故其敏感性较高,发现骨病变的时间常常早于 X 线及 CT 检查。能引起供血及代谢变化的骨病变如创伤、炎症、肿瘤、骨代谢性疾病等均可影响^{99m}Tc - MDP 在病变部位的浓聚,所以,SPECT 骨显像的特异性较低。单纯放射性核素骨显像分辨率较差,无法准确判断放射性核素浓聚的精确位置,表现不典型时难以明确病变的性质^[4-5]。正是由于 SPECT 骨显像的上述特点,单纯应用 SPECT 骨显像诊断疾病时容易误诊。AS 是一种多系统、多部位受累的全身性疾病,尽管骶髂关节较早发病,但仅依靠骶髂关节 SPECT 骨显像诊断 AS 是不全面的,有时也不容易和其他疾病所致的骶髂关节改变相鉴别。AS 的特征性 SPECT 骨显像表现不仅仅是骶髂关节的改变,若同时发现一处或多处其他关节、肌腱或韧带附着点及骨质、软组织的异常改变,则更有助于 AS 的诊断。本组 78 例 SPECT 骨显像中,16 例仅表现为双侧骶髂关节的放射性核素异常浓聚,而无其他部位的异常改变,诊断较困难。

近年来,SPECT - CT、SPECT - DR 及 SPECT - MRI 图像融合技术在骨骼肌肉系统疾病诊断中的应用日益广泛,它实现了功能、代谢图像与解剖图像的对位和融合,既能对病变的功能、代谢情况作出评价,也能观察其细致的解剖结构,从而能够准确地对病变进行定位、定性,达到早期、准确诊断疾病的目的^[6]。本组 78 例应用 SPECT - CT 及 SPECT - DR 图像融合技术均获得

了明确诊断。本组资料显示,当患者具有明显的临床症状又具有特征性的影像学征象时,应用传统影像学检查多能明确诊断 AS;此时,SPECT-CT 及 SPECT-DR 融合图像同样具有特征性的表现,在 AS 的病变部位可见明显的放射性核素异常浓聚,并且对 AS 累及的部位、范围和程度的显示往往较传统影像学图像更加全面,对于传统影像检查不能显示的病变亦可准确显示;由于 AS 受累部位的传统影像学表现相同时其病理分期及病变的活跃程度可能不同,此时传统影像学检查无法区分,而融合图像则能准确判断病变部位的病程分期及病变的活动程度;因此,图像融合技术对于传统影像学能够确诊的 AS 仍然具有重要的应用价值。当患者具有一定的临床症状,而传统影像学表现不典型或无异常发现时,AS 的诊断就非常困难;此时,应用图像融合技术就显得至关重要。依据融合图像中放射性核素在病变部位的浓聚表现(尤其是当多部位受累时),结合实验室检查大多可以早期作出诊断。同时,融合图像对 AS 所致的骨炎和软组织炎也能清晰显示,为全面、客观地了解病变提供了科学依据,其作用是其他影像学检查所不能替代的。另

外,图像融合技术尚可应用于 AS 的疗效评价,通过对治疗前后放射性核素在病变部位分布范围和程度变化的对比,并进行半定量分析,为临床制定治疗方案提供客观的依据。

5 参考文献

- [1] 许建荣. 风湿病影像学[M]. 上海:上海科学技术出版社,2007:64-70.
- [2] van der Linden S, Valkenburg HA, Cats A. Evaluation of diagnostic criteria for ankylosing spondylitis. A proposal for modification of the New York criteria. *Arthritis Rheum*, 1984,27(4):361-368.
- [3] 李广宙,李现军,刘志翔,等. 骨显像对强直性脊柱炎的早期诊断价值[J]. 中华核医学杂志,2001,21(6):339-340.
- [4] 张敏,陈亚玲,刘玉珂,等. 应用图像融合技术诊断骨质疏松[J]. 中医正骨,2010,22(11):22-26.
- [5] 张敏,刘玉珂,陈亚玲,等. 应用图像融合技术诊断骨折愈合[J]. 中医正骨,2010,22(10):22-24.
- [6] 耿会霞,赵德善,高桂珠,等. SPECT/CT 融合图像和 MRI 在诊断髋关节良性病变中的比较[J]. 中国医学影像技术,2010,26(2):337-339.

(2010-12-20 收稿 2010-12-28 修回)

(上接第 23 页)

笔者认为股骨颈骨折采用空心加压螺钉内固定,骨折愈合取出螺钉后钉道内植骨可改善股骨头应力集中、降低股骨头负重区应力、改善股骨头颈部力学性能、增强承重力。植骨后植入骨还能在受体骨内生长愈合,钉道植骨对股骨头颈部的力学性能改善会更为有效,使股骨头坏死塌陷的发生率大大降低。

与动物实验、生物力学实验相比,有限元仿真具有实验条件容易控制、测量部位不受限制和分析指标全面等优点。早期有限元分析由于受多种因素限制,导致有限元模型比较粗糙、分析结果不准确。目前的有限元仿真在几何模型重建及单元材料性质上都有了进一步的发展。本研究建立了逼真的股骨上段有限元模型,并且鉴于分析过程为小变形,近似地把股骨处理为线性材料进行有限元分析,结果比较可信,但仍需生物力学实验及动物实验进一步验证。

4 参考文献

- [1] 危杰,周力,王满宜. 股骨颈骨折术后股骨头缺血性坏死的发生及转归[J]. 中华骨科杂志,2005,25(1):1-6.

- [2] 张美超,史风雷,赵卫东,等. 髋关节外展不同角度股骨颈应力分布的有限元分析[J]. 第一军医大学学报,2005,25(10):1244-1246.
- [3] Sugano N, Takaoka K, Ohzono K, et al. Prognostication of nontraumatic avascular necrosis of the femoral head. Significance of location and size of the necrotic lesion[J]. *Clin Orthop Relat Res*,1994,(303):155-164.
- [4] Chung SM. The arterial supply of the developing proximal end of the human femur[J]. *J Bone Joint Surg Am*,1996,58(7):1961-1970.
- [5] 马信龙,张华峰,马剑雄,等. 生物力学因素对大鼠激素性股骨头坏死的作用[J]. 中国中西医结合外科杂志,2010,16(1):32-35.
- [6] Brown TD, Pedersen DR, Baker KJ, et al. Mechanical consequences of core drilling and bone-grafting on osteonecrosis of the femoral head[J]. *J Bone Joint Surg Am*,1993,75(9):1358-1367.
- [7] Kim YM, Lee SH, Lee FY, et al. Morphologic and biomechanical study of avascular necrosis of the femoral head[J]. *Orthopedics*,1991,14(10):1111-1116.

(2010-06-20 收稿 2010-10-21 修回)