

· 综述 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2015.14.041

两模态 PET/CT 图像融合研究进展*

魏兴瑜^{1,2}, 陆惠玲¹综述, 周涛^{1,2△}审校

(宁夏医科大学: 1. 理学院; 2. 管理学院, 银川 750004)

[关键词] 医学图像; 图像融合; PET/CT

[中图分类号] TP391.41

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-8348(2015)14-1979-04

1 PET/CT 图像融合概述

CT 图像是建立在 X 线成像基础上, 人体各组织吸收 X 线的程度不一样, 因此其骨骼图像清晰, 分辨率高可以准确地检测到病灶的大小和位置, 但却很难显示病灶本身的信息。PET 图像是建立在不同的脏器或组织对放射性核素有不同的吸收, 根据射出的光子量不一样, 来反映组织细胞的代谢和生理信息, 实现功能显像, 但是由于 PET 图像的信噪比和空间分辨率较低, 使得 PET 图像很难进行精确的解剖定位。由此可见不同模态的医学图像是从不同角度去反映人体信息, 单独从某一种图像中无法获取全面的医学信息^[1]。PET/CT 将两种不同模态的医学图像进行融合, 实现分子水平的功能成像与解剖成像的融合, 可以同时反映病灶病理生理变化和形态结构, 具有灵敏、准确、特异及定位精确等特点, 是一种“阳性”全身显像方法, 即病变部位表现为异常放射性浓聚, 在图像上就可以了解全身各器官组织的葡萄糖代谢情况, 结合同机 CT 图像所提供的精确解剖结构, 有利于诊断效能的提高, 减少或避免漏诊情况的出现。而常规影像检查一般为局部显像, 主要根据病变的解剖形态学特征做出诊断, 但是由于一些肿瘤病灶组织与邻近正常组织反差不明显、肿瘤病灶组织形态特点不典型、病灶位置隐蔽、体积小以及临床医师读片经验不同等多方面原因, 使得对肿瘤病灶检出率低^[2]。PET/CT 图像融合与 PET 图像相比, 其优点是^[3]: (1) 缩短图像摄取时间; (2) 减少 CT 射束硬化伪影, 提高图像融合的精度; (3) 提高病变定位的精确性; (4) 结合 CT 的应用可避免 FDG 摄取阴性肿瘤的漏检; (5) PET/CT 融合图像诊断的准确性较高; (6) PET/CT 指导制订放疗计划。PET/CT 图像融合属于两模态医学影像融合, 早期的 PET/CT 图像融合的研究主要是异机融合, 异机融合成本较低, 在临床中的应用空间广阔, 但对图像的配准要求高, 1999 宾夕法尼亚匹兹堡大学 Townsend 等^[4]制出首台 PET/CT 一体机, 实现了一次扫描获得 PET 与 CT 的两模态融合图像, 2012 年我国研制出了首台 PET/CT 一体机, 这为融合技术的临床应用提供了有效途径, PET/CT 一体机必将为人类的健康提供保障, 并极大地推动现代临床医学的发展和进步。本文以 PET/CT 两模态融合为研究对象, 综述其研究进展。

2 PET/CT 图像融合发展现状

自从 PET/CT 问世以来, 其临床应用价值就得到了广泛的认可。据有关报道介绍, PET/CT 在临床应用中以肿瘤学为主, 约占 85%, 神经病学约占 10%, 心脏病学约占 5%。在这

些领域中主要的应用方向是疾病的诊断与治疗 and 科学研究。除了主要的应用外, 在肿瘤学, 18F-氟代脱氧葡萄糖 (18F-FDG) 的 PET/CT 可以使肺癌、甲状腺癌、食管癌、乳腺癌、结直肠癌、淋巴瘤、头颈部肿瘤等 20 多种恶性肿瘤显像 (几乎覆盖了所有常见肿瘤) 以用于良恶性肿瘤鉴别与早期诊断、正确分期、制定治疗计划、评价疗效、监测复发和预后等。研究者 Tamer 等^[5]对 32 例疑似复发性结直肠癌患者进行 PET、PET/CT 诊断, 结果发现 PET 在诊断复发性结直肠癌的灵敏度和准确度是 80.0% 和 75.0%, 而 PET/CT 则是 94.5% 和 90.6%, 明显优于单独的 PET 诊断, 这对患者的再次治疗有着非常重要的临床意义。在心脏病学, PET/CT 主要用于存活心肌判定、冠心病治疗方案选择及预后估价等。在神经病学中除脑肿瘤外, PET/CT 还应用于癫痫、痴呆、脑血管病和帕金森病等疾病的治疗。

从相关的论文数也可以反映 PET/CT 应用的迅速增长。本文以 <http://www.sciencedirect.com> 数据库为统计源, 使用 PET、CT 和 Fusion 关键字, 得到检索结果 1 000 条, 首先统计 2002~2012 近 10 年论文的发表量, 统计显示在 PET/CT 融合方面的研究一直处于增长状态, 尤其是近几年, 增幅明显加大, 逐渐成为研究热点。从发表的期刊而言, PET/CT 融合论文大多发表在临床研究方面的期刊上, 以具体疾病的表现研究热点, 而两模态 PET/CT 融合算法的研究相对较少, 主要集中在基于小波变换的像素级融合方面。

3 PET/CT 图像融合的临床应用

当前 PET/CT 的临床应用主要在: 肿瘤学——多种肿瘤的定位、诊断、分期、复发、转移、良恶性鉴别、寻找原发灶、制订放射治疗计划和效果评价等; 心脏病学——评估心肌是否存活, 检测冠状动脉疾病等; 神经病学——癫痫、痴呆、帕金森病的定位、鉴别、诊断和治疗等。肿瘤是常见病和病死率最高的病种之一, 本文主要探讨 PET/CT 在肿瘤学中的应用。

3.1 定位与诊断 在肿瘤定位中 PET/CT 具有 PET 和 CT 两种功能, 既能反映组织细胞代谢信息, 较早发现病灶; 又能结合 CT 的信息对 PET 所发现的病灶准确定位, 二者互补, 提供了精确的解剖位置和病变与周围正常组织之间的相互关系, 所以在手术前就能明确手术方式及病变切除范围, 可避免不必要的手术探查, 同时减少对肿瘤的误诊。在泌尿系统肿瘤诊断中^[2], 文献报道发生远处转移的 5 年生存率为 7.2%, 但如果孤立的转移灶被切除后 5 年生存率可提高 25.0%~50.0%。

* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (81160183); 宁夏自然科学基金资助项目 (NZ12179、NZ14085); 宁夏高等学校科研项目 (NGY2013062); 陕西省语音与图像信息处理重点实验室开放课题 (SJ2013003); 宁夏医科大学特殊人才项目 (XT2011004)。 作者简介: 魏兴瑜 (1989—), 在读硕士, 主要从事社会医学与卫生事业管理、医学信息方面的研究。 △ 通讯作者, E-mail: zhout123@gmail.com。

CT 通过诊断淋巴结体积大小来诊断淋巴结是否存在肿瘤转移,但淋巴结的大小,确定良、恶性淋巴结大小的阈值较难,且难以兼顾诊断淋巴结良恶性的灵敏度与特异度。CT 把大于 1 cm 作为肿大淋巴结良恶性的分界标准,由于体内存在微转移灶的缘故,导致约 10% 假阴性存在;同时,有大约 3%~4% 的淋巴结由于反应性增生,而出现假阳性结果,PET/CT 对术后患者的灵敏度高达 92.3%,16 例肾癌术后复查有 10 例、膀胱癌术后 9 例中有 8 例表现为高代谢,其中 1 例 CT 仅显示膀胱壁增厚,PET 示 SUV_{6.4} 考虑为局部复发。吕茵等^[6] 利用 PET/CT 和 CT 对 47 例喉癌或喉癌疑似患者进行检查,PET/CT 诊断喉癌的灵敏度、特异度和准确性分别为 95.3%、75.0% 和 93.6%,CT 的分别是 74.4%、50.0% 和 72.3%,93.6%,PET/CT 明显高于 CT 的诊断效能,有助于喉癌的早期诊断。

3.2 分期 肿瘤分期是临床上确定患者治疗方案的重要依据,以肺癌为例,PET/CT 在肿瘤分期方面具有以下优点:(1) 能够检出小于 1.0 cm 的淋巴结转移灶;(2) 能够解决 CT 图像对肺不张、阻塞性肺炎或合并胸腔积液的患者无法确定肿瘤界限,以及难以准确测量病灶体积大小和 PET 图像对交界部位肿瘤定位困难、无法显示邻近组织是否受侵及有无胸腔积液的问题;(3) 能够准确定位淋巴结和远器官转移灶;(4) 能够检出意想不到的远器官转移;(5) 能够克服 PET 图像在脑及肺转移和 CT 图像在胸腹膜、骨骼和肝脏等方面阳性检出率低的局限性。Blom 等^[7] 指出 PET/CT 全身显像可提供全身各器官原发肿瘤病灶及转移情况,有利于对多种肿瘤进行精确的临床分期。El-Hariri 等^[8] 以 33 例肺癌患者为研究对象,利用 CT、PET 和 PET/CT 图像判断肺癌的分期情况,结果表明 PET/CT 图像获取肺癌 T、N、M 分期的准确度为 86.0%、88.0%、97.0%;PET 图像获取肺癌 T、N、M 分期的准确度为 59.0%、76.0%、91.0%;CT 图像获取肺癌 T、N、M 分期的准确度为 64.0%、73.0%、97.0%,所以 PET/CT 图像对肺癌分期更为精确,在制定肺癌治疗计划中起着重要的指导作用。

3.3 复发、转移的监测 肿瘤复发转移是影响肿瘤患者预后的主要因素,因此及时发现肿瘤复发转移施行最优化的治疗方案有助于延长患者生命甚至可达到根治肿瘤的目的。PET/CT 可准确从解剖学角度评估 FDG 的正常和异常浓聚,大大提高了诊断的准确性,对于肿瘤病灶复发转移具有独特的检测优势,不仅能检测到其他影像学如 CT 检查难以发现的转移灶,还可通过显示病灶代谢活性的改变评价治疗效果,对制定或调整肿瘤治疗方案也具有重要的临床价值。Lin 等^[9] 利用 PET/CT 对 649 例非小细胞肺癌患者是否存在潜在的肿瘤恶化和二次原发的可能性进行检测,结果发现有 77 例患者存在上述两种可能性,这对患者在临床治疗管理过程中有着十分重要作用。Zhao 等^[10] 提出用 18FDG-PET/CT 检测非小细胞肺癌纵隔淋巴结转移情况,结果表明利用 PET/CT 图像可得到关于非小细胞肺癌纵隔淋巴结转移具有高的特异度和低的灵敏度。

3.4 良恶性鉴别诊断 PET 可利用多种不同性质的显像剂,进行肿瘤生物靶体积(BTV)的定位,但应用最多的显像剂是 18F-FDG,所以临床上也常用 FDG 标准化摄取值 SUV 分析判断肿瘤的良恶性。恶性肿瘤细胞由于增殖、代谢活跃,导致对葡萄糖的需求增加,因此静脉注射葡萄糖类似物 18F-FDG 后,大多数肿瘤病灶会表现为 FDG 摄取值增高,同时 SUV 增高,

当然这对大部分恶性肿瘤的诊断有着很大的参考价值。但是部分良性肿瘤和炎症也可呈现异常摄取,此时便需结合 CT 精确的解剖学定位对肿瘤进行诊断,PET/CT 将最大程度的实现肿瘤的诊断与鉴别诊断,从而正确指导临床治疗决策^[11]。但就算如此,仍有部分病灶存在漏诊或误诊的可能,所以面对这些异常情况,必须要加以重视。de Bazelaire 等^[12] 利用 MRI 和 PET/CT 对治疗前的炎性乳腺癌和急性乳腺炎进行鉴别诊断,结果显示 PET/CT 提供的信息更为丰富,诊断结果更加准确。De Iaco 等^[13] 认为使用 PET/CT 时应谨慎,要注意病变率较高的假阴性结果,尤其在疾病早期诊断中避免高病变率的假阳性结果,可以减少不必要的治疗程序。

3.5 寻找原发病灶 PET/CT 具有较高的灵敏度,可在发生形态学改变之前较早检测到疾病的存在,其一次扫描检查范围大,与他影像检查手段相比,对于原发灶不明或没有特定方向的不明原发灶转移瘤具有明显的检测优势,可较早发现原发病灶及有否转移灶等,因此 PET/CT 为转移性肿瘤寻找原发病灶具有重要的临床价值。赵春雷等^[14] 对 96 例原发灶不明的颈部转移癌患者进行检查,分别进行 PET、CT 和 PET/CT 检查,结果显示,PET/CT 对原发灶检出率为 64.6%,单独 PET 检出率为 37.5%;单独 CT 的检出率为 22.9%;PET/CT、单独 PET 及单独 CT 的假阳性率分别为 6.3%、18.8% 和 7.3%,其中 37.5% 的患者经 PET/CT 检查后发现分期改变,所以 PET/CT 在 CCUP 查找原发灶方面优于单独的 PET 和 CT,对寻找 CCUP 患者的原发灶有重要的临床价值,有利于临床及时制定或调整治疗方案。王颖等^[15] 利用 18F-FDG PET/CT 和单独 CT 为 51 例恶性腹腔积液患者寻找原发癌灶,结果显示,在 51 例患者中,PET/CT 检查发现原发灶 40 例,检出率为 78.43%;CT 检查发现原发灶 31 例,检出率为 60.78%,占 PET/CT 发现原发灶的 77.50%。所以与单独 CT 相比较,PET/CT 更能有效地查找恶性腹腔积液的原发癌灶并精确定位,有助于临床医师选择合适的治疗方案对尽早控制疾病进展有重要意义。

3.6 指导活检部位 活检即从患者体内切取、钳取或穿刺等取出病变组织的过程,取材部位要准确,要避免坏死组织或明显继发感染区,在病变与正常组织的交界处取材,要求取到病变组织及周围少许正常组织,其大小一般以 1.5 cm × 1.5 cm × 0.2 cm 为宜。PET/CT 能显示肿瘤代谢最活跃的部位并能精确定位,可指导在肿瘤的最高活性区进行活检取样,降低假阴性结果。Tatli 等^[16] 研究表明将穿刺前 PET/CT 影像与穿刺中 CT 扫描影像定位进行 PET/CT 引导向下腹部肿块穿刺活检技术是可行的,这能使 CT 引导下介入活检诊断结果更为理想,使尚无形态改变的代谢活跃病灶的经皮活检成为可能。

3.7 制订放疗计划 PET/CT 结合了功能影像和 CT 在解剖定位上的优点,可以准确定位转移淋巴结,识别肿瘤对周围胸壁血管或纵隔等的侵犯,鉴别肿瘤和瘤周围炎症或肺不张,对原发灶或转移灶进行精确判断,使诊断分期更准确,对治疗后复发或残存的肺癌组织的检测也优于常规 CT 和 MRI 检查,有助于靶区的精确化和治疗决策的优化。Feigen 等^[17] 分析指出肿瘤放疗的目的在于给肿瘤区域足够高的治愈剂量而使周围组织和器官接受的剂量最小,PET/CT 能从代谢、血流、组织增生、乏氧、肿瘤特异性受体、血管生成、凋亡等多方面实现肿

瘤靶区的定位,有助于避免正常组织和邻近重要器官受到多余的照射,可以更加有针对性的指导放疗计划的实施。张倩^[18]利用 PET/CT 图像对 37 例食管癌进行诊断,其原发性肿瘤的检出率为 92.7%,淋巴结转移的特异度为 88.0%,并且可以精确的勾勒肿瘤区域范围,为制定放疗计划提供指导作用,以便减少局部区域治疗的失败。所以,基于 PET/CT 医学图像融合技术的靶区定义将是肿瘤放疗靶区定义必然发展的方向,对放疗技术带来积极意义。

虽然,PET/CT 在诊断肿瘤方面充满了优势也会出现假阳性和假阴性,但相对于单纯 PET、CT 或其他相关检查来讲,PET/CT 对肿瘤的误判率明显降低。因此,PET/CT 显像作为一种新型影像学诊断技术,在肿瘤的诊断方面具有突出的临床实用价值。当然希望将来 PET/CT 的应用范围更加广泛,比如心理治疗、药品研究及动物的治疗等。

4 PET/CT 像素级融合算法

4.1 像素级融合算法 早期的医学图像融合方法主要有加权平均融合法、主成分分析融合法以及一些主要针对图像像素灰度值进行操作的方法,这些融合方法运算简单,但是融合效果一般。由于这些基于像素灰度值的融合方法不能获取很好的融合效果,到 20 世纪 80 年代后期,有研究者提出拉普拉斯金字塔法^[19],随之提出比率低通金字塔法、对比度金字塔法、形态金字塔变换、梯度金字塔变换等融合方法。它们都属于基于多尺度的融合方法,在各分解层上进行融合操作过程,最终获取融合效果更好的图像,但由于分解是冗余的以及各层数据的相关性会影响融合效果,逐渐被小波理论所替代。小波变换被认为是傅立叶分析方法的突破性进展^[20],在空间和频率域上都具有良好局域性,与金字塔式分解方法相比,小波变换的分解是非冗余的而且具有方向性,所以在同等条件下,基于小波变换融合方法要比基于金字塔变换融合方得到更好的融合效果。随着小波变换的发展,后期又出现了各种小波变换,如小波包变换、多进制小波变换、Contourlet 变换、非下采样 Contourlet 变换等图像融合算法。

目前,按融合阶段将多模态医学影像融合分为 3 个层次:像素级(pixel-level)、特征级(feature-level)以及决策级(decision-level)融合,其中像素级融合是直接原始数据层上的融合处理,它的配准要求最高,但可以提供更为丰富、精确、可靠的细节信息,有利于图像的进一步分析处理,它是目前在实际中应用最广泛的图像融合方式,是特征级和决策级图像融合的基础。像素级多模态医学影像融合算法大致分为两大类:基于空间域的融合算法和基于变换域的融合算法,其中基于变换域影像融合算法是目前研究的热点。像素级融合算法整体框架见图 1。

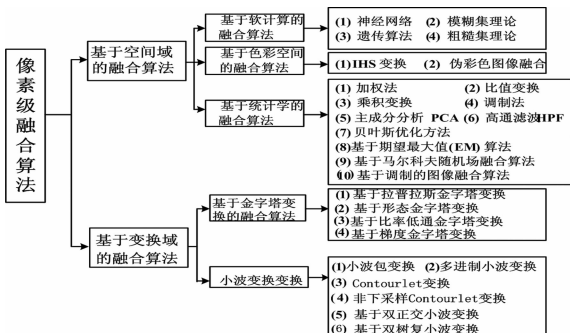


图 1 像素级融合算法框架

4.2 PET/CT 像素级融合算法 就所查阅的文献而言,有关 PET/CT 的文献大量集中在临床应用方面,在算法方面相对而言较少,并且主要以小波变换为主流。小波变换种类众多且各有各的特点。刘大鹏等^[21]对已配准的 PET 图像和 CT 图像先进行预滤波随后进行多小波分解,对分解后的图像低频分量采用平均梯度法及高频分量采用自适应加权法的融合规则进行图像融合,实验证明,基于多小波变换的融合算法通过结合源图像的信息,增加了更多的细节和纹理信息,可得到良好的融合效果,是一个切实可行的医学影像融合方式。许全盛等^[22]利用多孔小波变换融合 PET/CT 图像,其本质是用 CT 图像的高频信息去补齐 PET 图像中所缺失的那部分高频信息。刘迎辉等^[23]提出基于非亚采样 Contourlet 变换 PET/CT 图像融合,该方法既保留了 Contourlet 变换的多分辨特性又克服了 Contourlet 变换的不足,具有平移不变性。此外还有一些非小波变换的算法,如徐子海等^[24]提出基于外部定位框的 PET 和 CT 图像异机融合方法,该算法结合了小波变换和变分法的优点,对图像的边缘信息的检测更加有效和快速。李爽^[25]提出用克隆选择算法实现 PET/CT 图像的融合,有效地提高了 PET/CT 医学融合的精度,能够很好地满足医学图像融合高精度的临床要求。

当然没有完美的算法,小波变换也不例外,就离散小波变换而言它在二抽取过程当中引起了较大的混叠,所以带来了两方面的不足:(1)平移敏感性;(2)缺乏方向选择性。为了克服这些不足有研究提出了双树复小波变换,它不仅具有小波变换的优势还有以下特性:(1)近似的平移不变性;(2)良好的方向选择性;(3)有限的冗余。尽管小波变换存在着各种需要改进的不足,但像素级融合算法已全面进入小波时代,接下来需要做的工作就是一步一步改进其不足之处,同时在继承其优势之时寻找更好的算法。所以将来关于算法的发展方向总结如下:(1)取其精华去其糟粕,以小波变换为基础寻找新算法;(2)选择合适的小波算法与其他的算法相结合组成新算法;(3)探索全新的算法。

参考文献

- [1] 党亚萍. PET/CT 在肺癌诊治中的临床研究[D]. 广州:南方医科大学,2007.
- [2] 胡岚亭,郭峰,王胜军,等. PET/CT 在泌尿系肿瘤诊断中的价值[J/OL]. 中华临床医师杂志:电子版,2011,5(7):1951-1956.
- [3] 赵军. PET/CT 在肿瘤学中的应用进展[J]. 中国医疗器械信息,2007,13(7):5-7,35.
- [4] Townsend DW, Beyer T, Kinahan PE, et al. Fusion imaging for whole-body oncology with a combined PET and CT scanner[J]. J Nucl Med, 1999, 40(5):148.
- [5] Tamer F, Taha A. Usefulness of PET-CT in the assessment of suspected recurrent colorectal carcinoma[J]. Egypt J Radiol Nuclear Med, 2012, 43(2):129-137.
- [6] 吕茵,郑航,王全师,等. 18F-FDG PET/CT 对喉癌的诊断价值[J]. 南方医科大学学报,2012,32(10):1486-1490.
- [7] Blom RL, Wm S, Belgers HJ, et al. The value of post-neoadjuvant therapy PET-CT in the detection of interval metastases in esophageal carcinoma[J]. Eur J Surg Oncol,

- 2011,37(9):774-778.
- [8] El-Hariri MA, Gouhar GK, Ali M, Refat integrated PET/CT in the preoperative staging of lung cancer; a prospective comparison of CT, PET and integrated PET/CT[J]. Egypt J Radiol Nuclear Med, 2012, 43(4): 613-621.
- [9] Lin M, Ambati C. The management impact of clinically significant incidental lesions detected on staging FDG PET-CT in patients with non-small cell lung cancer (NSCLC): An analysis of 649 cases [J]. Lung Cancer, 2012, 76(3): 344-349.
- [10] Zhao L, He ZY, Zhong XN, et al. (18)FDG-PET/CT for detection of mediastinal nodal metastasis in non-small cell lung cancer; A meta-analysis [J]. Surg Oncol, 2012, 21(3): 230-236.
- [11] Evangelista L, Rubello D, Saladini G. Can FDG PET/CT monitor the response to hormonal therapy in breast cancer patients? [J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2012, 39(3): 446-449.
- [12] de Bazelaire C, Groheux D, Chapellier M, et al. Breast inflammation: Indications for MRI and PET-CT [J]. Diagn Interv Imaging, 2012, 93(2): 104-115.
- [13] De Iaco P, Musto A, Orazi L, et al. FDG-PET/CT in advanced ovarian cancer staging: Value and pitfalls in detecting lesions in different abdominal and pelvic quadrants compared with laparoscopy [J]. Eur J Radiol, 2011, 80(2): e98-103.
- [14] 赵春雷, 陈自谦, 钱根年, 等. 利用全身 18F-FDG PET/CT 查找不明原因的颈部淋巴结转移癌原发灶[J/OL]. 功能与分子医学影像学: 电子版, 2012, 1(2): 92-96.
- [15] 王颖, 李亚明, 尹雅芙, 等. 18F-FDG PET/CT 对检出恶性腹腔积液患者原发癌灶的临床价值[J]. 中国医学影像技术, 2012, 28(12): 2193-2196.
- [16] Tatli S, Gerbaudo VH, Feeley CM, et al. PET/CT-guided Percutaneous Biopsy of Abdominal Masses: Initial Experience [J]. J Vasc Interv Radiol, 2011, 22(4): 507-514.
- [17] Feigen M, Lee ST, Lawford C, et al. Establishing locoregional control of malignant pleural mesothelioma using high-dose radiotherapy and F-18-FDG PET/CT scan correlation [J]. J Med Imaging Radiat Oncol, 2011, 55(3): 320-332.
- [18] 张倩. PET/CT 肺部成像过程中的衰减校正和分割方法的研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2013.
- [19] Tinsu P, Ph D, Habib Z, et al. Attenuation Correction Strategies for Positron Emission Tomography/Computed Tomography and 4-Dimensional Positron Emission Tomography/Computed Tomography [J]. PET Clinics, 2013, 8: 37-50.
- [20] Suenaga Y, Kitajima K, Aoki H, et al. Respiratory-gated 18F-FDG PET/CT for the diagnosis of liver metastasis [J]. Eur J Radiol, 2013, 82(10): 1696-1701.
- [21] 刘大鹏, 卢虹冰, 漆家学, 等. 基于多小波变换的医学图像融合算法研究[J]. 中国医学物理学杂志, 2011, 28(3): 2637-2643.
- [22] 许全盛, 李昕, 谢康宁. 基于多孔小波融合的 PET/CT 图像增强及其评价[J]. 现代生物医学进展, 2012, 12(20): 3948-3952.
- [23] 刘迎辉, 姜威, 魏戈. 基于非亚采样 Contourlet 变换的 PET/CT 图像融合[J]. 光学技术, 2010, 36(1): 121-125.
- [24] 徐子海, 廖福锡, 贺志强, 等. 基于外部定位框的 PET 和 CT 图像异机融合方法[J]. 南方医科大学学报, 2010, 30(6): 1304-1306.
- [25] 李爽. 基于克隆选择算法的 PET-CT 医学图像融合的实现[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2008.

(收稿日期: 2014-11-13 修回日期: 2015-01-04)

• 综述 • doi: 10.3969/j.issn.1671-8348.2015.14.042

慢性阻塞性肺疾病抗炎治疗研究新进展*

黄冬妹 综述, 何志义[△] 审校

(广西医科大学附属第一医院呼吸内科, 南宁 530021)

[关键词] 慢性阻塞性肺疾病; 治疗; 研究进展

[中图分类号] R563.9

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-8348(2015)14-1982-04

慢性阻塞性肺疾病(COPD)是以持续气流受限为特征的可以预防和治疗的疾病,其气流受限多呈进行性发展,与气道和肺组织对香烟烟雾等有害气体或颗粒的异常慢性炎症反应有关。2013年更新的COPD全球倡议指南强调COPD的本质是肺部的慢性炎症反应^[1]。目前COPD抗炎治疗的主要药物是糖皮质激素,但近年来发现许多患者存在糖皮质激素抵

抗^[2]。因此需要研发新的药物治疗COPD的肺部和气道炎症,目前研究较多的药物主要有减轻糖皮质激素抵抗的药物、抑制炎症介质释放的药物、酶抑制剂以及其他减轻炎症反应的药物。本文就以上抗炎药物的研究进展综述如下。

1 减轻糖皮质激素抵抗的药物

1.1 茶碱 研究发现,部分COPD患者存在糖皮质激素抵