

• 诊断技术介绍 •

正电子断层图的原理及其在
中西医结合研究中的应用

中日友好临床医学研究所(北京 100029) 陈惟昌

中日友好医院核医学科 朱国泓

内容提要 本文介绍了最新医学图像技术——正电子断层图的原理及其临床应用概况,认为该图具有无损、定性、定量、定位、动态等特点,在中西医结合工作中,预期可在以下几个方面取得进展:(1)从机体动态调节的角度研究中医辨证论治的机理。(2)针刺、经络及气功原理的研究。(3)中药在人体内的作用部位、动态分布与作用机理的研究。

关键词 正电子断层图 中西医结合研究 辨证论治 示踪动力学 动态调节系统

正电子断层图(Positron Emission Tomography, PET)是核医学、生物物理学、示踪动力学和电子计算机图像技术等相关学科综合而产生的医学影像新技术,目前在理论研究和临床诊断上已有较广泛的应用^①。正电子断层图的基本原理是将某些能发射正电子的示踪核素标记化合物注入体内,利用示踪动力学(Trace Kinetics)的数学模型,计算出人体各部位的局部血流量、物质传输速率、代谢速率以及神经递质与受体的结合速率与分布等。所以PET和X线断层图(Computerized Tomography, CT)相比,不只是单纯显示静态的组织结构和病理变化图像,还可进一步显示动态的功能活动和代谢变化的图像,这是X线CT所不能比拟的。因此, PET的发展和运用愈来愈引起国内外的重视。在国外,首次应用电子计算机处理正电子断层图始于1975年^②。1980年,我们在介绍电子计算机断层图原理的同时,对PET作了简要的报道,并预言PET将有很大的发展前途^③。目前,我国还没有正式开展PET的研究和应用。1990年,由美国芝加哥大学、中国科学院高能物理研究所和中日友好医院三个单位达成协议,共同研制与开发我国第一台应用于临床与科研的PET。预计此机将于1992年安装调试与运转。PET的应用对进一步研究中国医学的辨证论治、针刺镇痛以及中药的治疗机理,将会有很大的帮助。

一、正电子断层图的原理

1. PET的检测原理:能发射正电子的核素在衰变过程中出现正电子并迅速与负电子相遇而湮没,产生一对 γ 光子,其能量为511keV,并呈180°方向发射。利

用一对锗酸铋检测器,可以检测到这一对 γ 光子,这种检测方法称为“符合检测法”。这种方法的优点是检出率高,空间分辨率精密,并可同时收集线性和角度两方面的数据,是PET图像检测的基础。

2. 标记化合物:在生物医学研究中常用的发射正电子的核素是氧¹⁵(¹⁵O),氮¹³(¹³N),碳¹¹(¹¹C)和氟¹⁸(¹⁸F)。利用这些核素可以合成各种特异的标记化合物。例如用于局部血流量测定的 $H_2^{15}O$ 和 $^{13}NH_3$ 等,用于血容量测定的 ^{11}CO 以及用于氧代谢率测定的 $^{15}O_2$ 。糖代谢常用的标记化合物是用¹⁸F标记的脱氧葡萄糖。氨基酸和蛋白质代谢用的标记化合物是¹³N标记的各种氨基酸,如谷氨酸、亮氨酸等。关于神经递质各种受体的标记,如用¹¹C左旋多巴研究多巴胺受体,¹¹C内啡肽研究阿片受体的分布与结合动力学等。

3. PET的示踪动力学模型:为了定量、定位、动态地显示人体各部位的生理和代谢功能的动力学过程,需要应用示踪动力学模型对示踪标记化合物在体内的结合、传输、转换和清除的动力学参数进行计算。常用的示踪动力学模型有:测定局部血流量的房室模型,测定局部血容量的模型,测定葡萄糖、蛋白质的代谢模型,脂肪酸代谢模型,神经递质与受体结合模型以及药物代谢动力学模型等。

4. PET图像处理技术:PET和CT相似,都是应用电子计算机对切面图像进行重建与显示。在图像重建时,先应用点阵排列的检测器收集不同角度和不同位置的线性扫描数据,其次用线性扫描的数据重构二维的切面图像。目前PET图像重建的常用算法是快速傅氏变换法(Fast Fourier Transformation)。

5. PET临床应用概况: 目前在国外PET已有较广泛的应用。例如,应用于心肌血流量的测定以诊断冠心病。正常的心肌血流量为每分钟 25ml/100g,冠心病患者心肌的血流量下降,可作出心肌缺血区的三维定位诊断。在心肌梗塞患者可利用心肌的氧代谢率和葡萄糖代谢率以判断病变心肌是否存活和能否恢复。利用血容量测定法可测量心、脑、肺、肝、肾等脏器含血量的多少与血流量的变化,并可观察其治疗的反应。正常脑血流量为每分钟 65ml/100g,并随不同功能状态而发生变化。若脑血流量低于10ml,则脑梗塞区将出现坏死,不能恢复。正常人脑的氧代谢率为每分钟 3.89ml/100g,若低于每分钟1.25ml/100g 则不能存活。脑的恶性胶质瘤属于高度恶性型者其蛋白质代谢率为每分钟 46 μ mol/100g,比低度恶性型胶质瘤的蛋白质代谢率每分钟 23 μ mol/100g高1倍,故可作出型别与预后判断。癫痫患者的脑病灶区在不发作时,其葡萄糖代谢率比正常脑组织低14~58%,而在癫痫发作期则比正常高 82~130%,由此可以作出定位诊断。老年性痴呆患者其脑血流量和氧代谢率与正常老年人相比均下降约40%,葡萄糖代谢率下降25%,以额叶和顶叶最明显。精神分裂症患者其额叶与颞叶的葡萄糖代谢率的比值由正常的 1.23 降为0.9。用药物治疗后症状有所改善,额叶的葡萄糖代谢率亦可有部分恢复。PET亦可用来测定抗癌药物与镇静药物等在体内的分布动力学,测定药物的亲和性与清除速率。PET还可以用来研究脑的功能活动,如感觉、思维、学习和记忆、语言以及计算推理等。由此可见,PET在生物医学中已有广泛的应用。现代科学技术的发展是人类共同创造的财富与资源,西医可以利用以提高医疗水平,中医学更应充分利用以促进中西医结合研究的发展。

二、中西医结合研究动向与动态调节系统

人体动态调节过程的研究是中西医结合研究的重要内容。PET则是研究动态调节系统的先进方法。中医和西医是从不同的角度来探索人体生命活动的规律,以阐明疾病的发生与发展过程,从而采取有效的治疗措施以促进机体身心健康的恢复。但由于历史发展条件的不同,中医和西医各自形成其特有的学术观点。总的说来,中医着重于从宏观、整体、系统和综合的观点来研究人体的机能活动。中医认为,人体的机能活动是通过多种因素、多种层次的复杂的调节系统以维持人体内外环境的平衡与稳定。而在病理的情况下,失去正常的平衡调节和稳定,偏离了正常的平衡调节范围,进入病理生理机能状态的模式,这就形成各类证

候。所谓“辨证”就是以多参数、多层次平衡调节的观点来分析疾病的动态变化及其调节失衡过程。在治法上中医强调扶正祛邪以恢复人体机能系统的正常平衡和协调;西医则比较强调分析的方法,从局部和微观的角度来阐明疾病的发生和发展。由于西医较多地应用现代科学技术的研究成果,从而使西医在客观化、定量化方面得到较快的发展。一般认为机能失调的出现要比组织结构的病理变化早,所以中医强调从整体和机能调节和恢复平衡的角度来进行治疗,着重提高机体的抗病能力和促进恢复平衡的调节能力,对一些难治的疾病往往能收到良好的效果。这是中国医学能历久不衰并得到世界医学重视的原因。

中西医结合就是在保证上述中医的学术思想和理论体系完整的前提下,应用先进的科学理论和技术方法,阐明中医诊断治疗疾病以及生命活动的规律。这一论点有两方面的含义,一是必需保证中医学理论体系的完整性,其次是应用现代科学技术和方法的必要性。两者缺一不可。目前医务界中一些有识之士,强调开创中西医结合的新概念与新思路⁽⁴⁾,这一方向值得重视。例如,微观辨证与宏观辨病观点的提出⁽⁵⁾,就是试图用现代医学的一些客观指标的变化和中医的辨证指标相结合。这样一方面丰富了中医辨证的手段和范围,使辨证逐步走向客观化和定量化;另一方面,通过观察治疗后各项客观检查指标的变化和恢复,亦可为临床疗效建立客观的标准和依据。这种直接来自临床的观察和实验,是中西医结合发展的原动力。

在理论方面,中西医结合研究的另一重要动向是探索中医的某些证候和西医某些调节系统功能失调的关系。例如,沈自尹⁽⁶⁾长期从事肾虚证的研究,发现肾阳虚证与下丘脑、垂体、肾上腺皮质轴、性腺轴和甲状腺轴调节机能紊乱有一定联系,通过“补肾”治疗,可以改善这些调节系统的功能。王今达提出⁽⁷⁾,急性虚证时循环功能、代谢功能和免疫功能均呈现低下,应用独参汤扶正治疗后,各项化验指标有所改善,体力明显恢复。通过以上这些例子可以说明,中医的治则着重于恢复人体调节系统的功能,使病理的失衡的机能状态恢复正常与平衡。从现代生物医学观点来看,人体主要有五大调节系统⁽⁸⁾,即神经系统、内分泌系统、代谢调节系统、免疫调节系统与基因调控系统。这五大调节系统中又以基因的分子生物学调控系统是最主要和最基本的,它是一切调节系统的基础。基因通过合成各种酶以实现代谢过程的调控;通过合成各种激素以实现内分泌系统的调控;通过合成各种淋巴因子和免疫活性物质以实现细胞与体液

免疫的调控；通过合成各种神经信息因子，如神经递质、神经调质、神经生长因子、受体和离子通道蛋白等，以实现神经系统功能的调节。由此可见，生命系统是一个多因素多层次的复杂调控系统，所以在学术思想上和研究方法上都需要进行创新，才能达到阐明本质、掌握规律与提高疗效的目的。

三、PET在中西医结合研究中的展望

如上所述，PET能显示人体各部位机能的动态变化，所以对中西医结合的机能研究十分合适。预期在以下几个方面可能取得进展。

1. 辨证论治机理的研究：PET可为微观辨证提供客观的定量指标，测定在病理情况下机体功能偏离正常平衡范围的程度。例如在血瘀证时，可以测定各重要脏器的局部血容量和血流量、氧代谢率和葡萄糖、脂肪、蛋白质等代谢率的变化，然后再观察活血化瘀治疗时各项指标的变化以及对各主要脏器机能活动的影响等，从而为中医辨证论治机理研究提供新的信息。

2. 针刺镇痛机理的研究：应用PET可对痛觉中枢定位、痛觉传导途径以及与痛觉有关的神经递质的研究，提供新的线索。PET还可以观察针刺对内脏功能的调节作用，以深入探索穴位与脏腑的相关关系和针刺治疗的机理。

3. PET与气功原理的研究：脑电图的研究表明，在气功态时脑功能出现一定的变化。PET是研究脑机能活动的先进方法。通过在气功态的不同时相脑的各部位（额、顶、枕、颞叶以及海马、基底节、丘脑、脑干等）的血流量、氧和葡萄糖代谢率以及各种神经递质与受体的结合率等机能状态的变化，再结合定位脑电图记录，可以确定气功态时脑机能变化的特点，为阐明气功的机理提供新的资料。

4. 中药在人体内的动态分布及其作用部位与作用机理的研究：关于应用PET研究药物在人体内的分布、结合与清除的规律，国外已有报道⁽⁸⁾，但有关用

PET研究中药方面的工作尚未开始。应用PET可以开展中药对脏器亲和性的系统研究，并由此总结出药性归属的特殊规律。同时亦可为中药复方治疗的调整作用和中药疗效药理机制的研究提供一个整体、客观、定量与动态的研究方法。

5. 关于经络循经转运与走行机理的研究：关于一些示踪物质能沿经络传输的现象已有报道。应用PET技术可以进一步核实这一现象，并和血管与淋巴管的传输过程进行比较，以确切地对传输的途径和传输的结构作出定位与定性的结论。

总而言之，PET用于中西医结合的研究是一项很有意义的、有待开发的新的研究领域。通过中西医的共同努力，发挥协作优势，充分利用PET这一先进技术，将会把中西医结合的研究提高到新的水平。

参 考 文 献

1. 陈惟昌. 正电子断层图——功能与代谢图像的新进展. 生物科学参考资料 1988; 25:167.
2. Phelps ME. Positron computed tomography. J Nucl Med 1975; 16:210.
3. 陈惟昌, 等. 电子计算机断层图的原理、应用与展望. 生物化学与生物物理进展 1980; 2:26.
4. 陈士奎. 中西医结合新理论概念的创新与解评(一). 中西医结合杂志 1991; 11(1):44.
5. 陈士奎. 中西医结合新理论概念的创新与解评(二). 中西医结合杂志 1991; 11(2):116.
6. 沈自尹, 等. 肾虚与衰老的研究. 中医杂志 1978; 28(10):57.
7. 王今达. 中西医结合危重病急救医学研究进展. 中西医结合杂志 1988; 特集:85.
8. 陈惟昌, 等. 生物系统复杂性——生物控制论与生物信息论研究的新动向. 中国自动化学会全国学术会议论文集 1991:534.
9. Phelps ME. PET and brain function. J Nucl Med 1982; 23:6.

• 书 讯 •

北京农业大学书店增设邮购部，定期印制图书目录，函索即寄。现推荐部分图书供选购：中国秘方全书13.00元，新编外科临床手册22.00元，中医处方指南3.10元，新编诊疗常规25.00元，中华名医方剂大全26.00元，新编常用药物手册8.50元，看病手册3.20

元，祖传秘方大全5.60元，用药预防药害3.80元，偏方大全6.60元。邮购办法：邮局汇款请寄：100094，北京海淀区北京农业大学书店邮购部；请注明书名、册数。银行信汇：农行北京海淀区东北旺信用社 006—89(请附购书清单)。邮购费按图书总价加收15%。