

## 放射性同位素在肾移植中的应用及其进展

现今,在慢性肾功能极度衰竭的治疗中,同类肾移植是有效的治疗方法(1~3)。肾移植的成功,使不少患者的生命得到挽救。Winkel等引述,1951~1972年期间,肾移植患者12,000余例,其中11,000例为首次移植,1000例为第二次移植,100例为第三次或更多次移植;在五年成活率方面,兄弟姐妹供肾为71%(59%有功能),双亲供肾为67%(51%有功能),尸体供肾为45%(29%有功能)(3)。放射性同位素检查方法在肾移植中已广泛应用,并有很大进展。它不仅可了解移植肾功能恢复情况,而且更重要的是能测定肾移植术后的各种并发症(1~3)和提示移植肾的预后(4)。尤其是预测早期排斥反应(5~7),为临床提供诊断依据,以便及早采用免疫抑制剂治疗,排斥反应可以得到逆转,使肾移植存活率明显增加,因此具有重要的临床意义(3,5)。

### 放射性同位素制剂及各类检查

衡量移植肾的功能障碍和形态学变化,可供选择的与放射性同位素制剂有关的检查方法及作用,概括列如表1。

近年来采用 $\gamma$ 闪烁照相机动态肾显象和放射性同位素肾血管造影以及放射性纤维蛋白元、硫化 $^{99m}\text{Tc}$ 胶体,枸橼酸 $^{67}\text{Ga}$ 诊断排斥等无疑是个重要的进展(8,25)。

#### (一)放射性同位素肾图:

放射性同位素肾图已成为肾移植中临床处理的常规检查(9~24)。它反映移植肾的血流、功能及排泄情况。其方法简便、安全、辐射剂量低、且便于复查和随访。测定时闪

表1 肾移植中放射性同位素检查

放射性同位素制剂	方法	作用
邻 $^{131}\text{I}$ 碘马尿酸钠	同位素肾图	反映肾血流、肾小管分泌功能和排泄
	膀胱/肾比值	主要用于预测早期急性排斥
	有效血浆流量测定	了解肾血浆流量
	肾扫描、闪烁照相	定位(显影)
$^{113m}\text{In}$ 、 $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{109}\text{Yb}$ 、标记EDTA或DTPA	同位素肾图	反映肾血流、肾小球滤过功能和排泄
	肾小球滤过率测定	了解肾小球滤过功能
	肾扫描、闪烁照相	定位(显影)
$^{203}\text{Hg}$ —mersulyl	扫描	定位(显影)
$^{197}\text{Hg}$ —Chlormerodim	扫描	定位(显影)
$^{133}\text{Xe}$	$^{133}\text{Xe}$ 肾清除	测定肾皮质血流量
$^{99m}\text{TcO}_4$	闪烁照相放射性同位素肾血管造影	肾血管充盈(了解肾血流灌注)
$^{131}\text{I}$ (或 $^{125}\text{I}$ )—纤维蛋白元硫化 $^{99m}\text{Tc}$ 胶体枸橼酸 $^{67}\text{Ga}$	扫描	定位(显示排斥)

烁探头的准直器应对准移植肾中心,并注意避开膀胱区放射性的干扰。最常用的示踪剂为邻 $^{131}\text{I}$ 碘马尿酸钠,其80%为肾小管分泌、20%为肾小球滤过(3),因此邻 $^{131}\text{I}$ 碘马尿酸钠肾图反映的肾功能主要是肾小管分泌的功能。

肾移植后功能恢复良好者表现为正常肾图(图1A),即显示起始突然放射性升高(第1相或称“血管段”),然后缓慢上升,5分钟内到达高峰(第二相或称“血流和分泌段”),接着放射性逐渐下降,30分钟接近本底(第3相或称“排泄段”)。肾图的观察指标有高峰出现时间、第3相曲线下降一半的时间、20分钟放射性与高峰放射性之比、2分钟放射性与本底的比值(肾摄取

指数)等(5~7)。

急性排斥应是肾移植中最常见的并发症,往往在术后6天以上发生。排斥时肾图首先改变的是第3相下降减慢或第3相不出现,呈逆升曲线,Mobley等称此为排斥的信号(14)。随着排斥进一步发展,第2相逐渐降低(血流和功能障碍)(图1B)呈排斥的典型图形。但它无特性,酷似尿路梗阻肾图,故二者难鉴别。很严重的急性排斥时移植肾对马尿酸摄取接近零(图1C),但类似图形亦可见于其他并发症,特别是肾动脉血栓形成。图1D肾图可在较重的排斥反应中看到,但十分类似于急性肾小管坏死,肾动脉狭窄、盆腔大血肿压迫和局部肾静脉血栓形成(2)。

如果移植术后即刻肾图表现为第1相明显低和缺乏第2相,即移植肾对马尿酸无明显摄取(图1C),则高度提示肾动脉血栓形成而阻塞(3)或超急性排斥反应(hyperacute reaction)。

移植前供肾缺血的时间对术后移植肾功能的恢复有明显影响。持久性缺血可导致急性肾小管坏死,在术后最初肾图即表现为清除障碍(第3相),呈积聚放射性曲线,同时第2相较低(反映残存的肾小管功能(3))(图1D),此种情况在尸体肾移植中常见、Hör, G等观察到尸体肾移植后肾图恢复正常所需的时间与供肾缺血时间密切相关(1)(表2)。

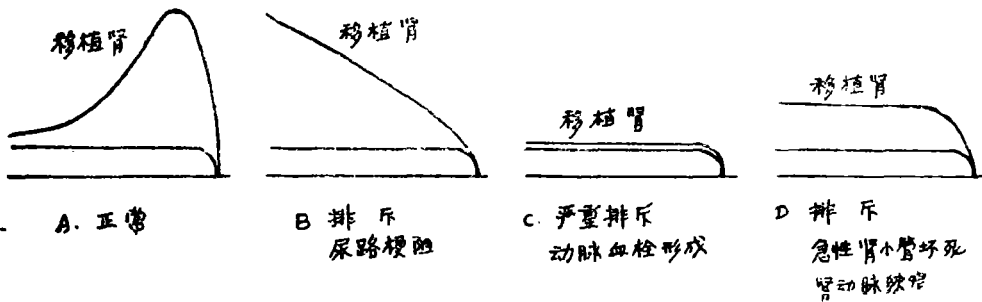


图1 邻<sup>131</sup>碘马尿酸肾图

表2 尸体肾移植中肾图与肾小管坏死的关系

供肾总缺血时间(分)	移植后肾图恢复正常所需天数
239	19
203	16
159	5
165	8
115	5
109	3

移植肾的预后可由术后最初肾图来得到提示(4)。1976年Kjellstrand等统计492例

肾移植后发生急性肾功能衰竭117例,并对病因及预后进行分析(4)。用邻<sup>131</sup>碘马尿酸最初肾图把病例分成二组。第一组肾图摄取放射性或无摄取者预后差,其中50%为肾动脉血栓形成超急性排斥反应,(病人均死亡);第二组为摄取放射性高者(高于本底放射性2倍),其中89%是急性肾小管坏死,其预后较好。肾动脉造影和肾活组织检查对第一组病人是必需的,而对第2组病人则避免使用,因为侵入性检查会增加死亡率。因此肾图检查有助于临床决定是否动脉造影。他们还认为重复肾图、作为减少免疫抑制药物硫唑嘌呤(azathioprine)的剂

量参考是需要的,因为在急性肾功能衰竭的并发症中极高的死亡率可由硫唑嘌呤毒性产生而引起。

采用 $^{113m}\text{In}$ 、 $^{99m}\text{Tc}$ 、 $^{109}\text{Yb}$ 等标记的DTPA或EDTA作肾图,所反映的肾功能则为肾小球滤过功能。Hör.G等观察到急性排斥时邻 $^{131}\text{I}$ 碘马尿酸钠肾图曲线持续上升而无下降,但 $^{113m}\text{In}$ -EDTA肾图曲线下降仍好(1)(图2)。说明急性排斥时肾小管分泌功能和肾小球滤过功能的损伤二者可以不一致。

放射性肾图不足之处是不能得到关于移植肾轮廓、形态和放射性分布变化,同时由

于移植肾邻近膀胱,肾图曲线易受到膀胱内积聚的放射性的干扰,易与梗阻或排斥混淆(3),故应注意正确对位和准直。

## (二)肾扫描:

肾扫描对功能的肾实质显示是有用的方法。在静态肾扫描中 $^{197}\text{Au}$ 丙脎和 $^{99m}\text{Tc}$ 铁络合物是最适合的制剂(3)。前者被肾小管上皮细胞暂时结合,后者系肾小球滤过。 $^{197}\text{Au}$ 丙脎或 $^{99m}\text{Tc}$ 铁络合物200~500微居里在扫描前1/2~1小时注入静脉,病人取仰卧位,扫描范围包括移植肾和膀胱区。移植肾正常者扫描显示正常肾的形态和大小,且放射性分布均匀。若肾影增大,系由肾脏水肿

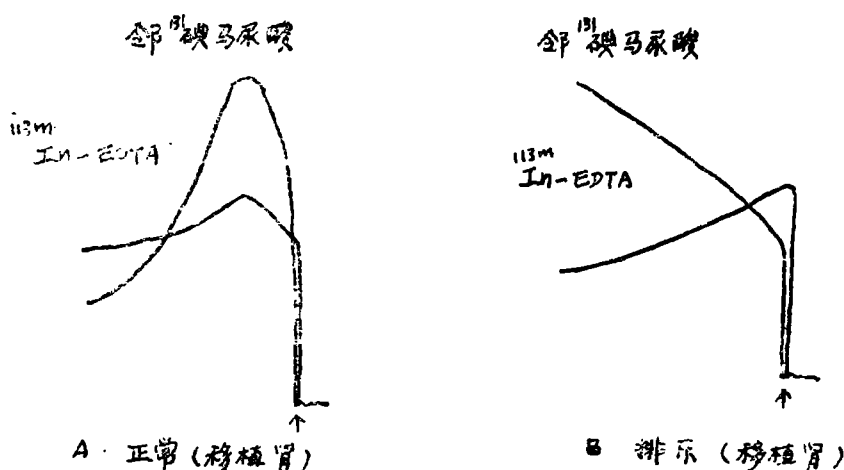


图2 邻 $^{131}\text{I}$ 碘马尿酸钠和 $^{113m}\text{In}$ -EDTA肾图在肾移植排斥中的研究。显示急性排斥时,邻 $^{131}\text{I}$ 碘马尿酸钠肾图持续上升而无下降,但 $^{113m}\text{In}$ -EDTA肾图下降仍好。

引起,是排斥的表现(3)。排斥时肾功能尚较好者或急性肾小管坏死者可见到肾区许多小的放射性缺损或减低,而在肾动脉血栓形成及极严重的排斥(包括超急性排斥时)无放射性摄取。Lubin等认为如果病人临床显现少尿或无尿,而在扫描中移植肾放射性摄取明显者,肾功能在二周内恢复是可能的(15)。临床上疑有尿路梗阻或排斥,肾图对二者不能鉴别,而肾扫描则有助于区分。特别是采用邻 $^{131}\text{I}$ 碘马尿酸钠作肾扫描制剂,正常时肾实质和肾盂以及膀胱显影,输尿管梗阻者肾

实质显影,肾盂放射性充盈且增大,膀胱放射性减低或不出现;排斥或急性肾小管坏死者放射性仅集于肾实质,肾盂及膀胱放射性减低或缺乏。尿漏时,肾扫描有较大的诊断价值。显示示踪剂漏至盆腔,即在移植肾和膀胱以外的盆腔区域出现放射性。

## (三)膀胱/肾(B/K)放射性的比值:

Hartford Foundation等(1971年)和Hayes等(1972年)报告膀胱/肾放射性比值在早期排斥反应的预测中是个最灵敏的指标(6~7)。其方法是采用 $\gamma$ 闪烁照相机,在注

入邻<sup>131</sup>碘马尿酸钠后通过区域选择,分别把移植肾和膀胱区放射性变化储存在磁带记录器中,把讯号回放在双套计数率仪和描记器装置上得到移植肾肾图和膀胱曲线,计算20分钟时膀胱/肾放射性比值。采用 $\gamma$ 照相机优点在于定位较准确,移植肾和膀胱二者放射性无干扰,周围本底可排除(7)。Hayes等报导排斥前80%病人膀胱/肾放射性比值下降(显示膀胱/肾放射性比值预测排斥最灵敏。该比值下降可早于临床症状和体征出现及其他生化指标(血中肌酐、尿素氮等)改变早1~2天(7);Hartford Foundation等报导可早2~4天(8)。膀胱/肾放射性比值除采用20分钟测定值外,尚有报告采用12分钟测定值者(5)。

#### (四)放射性同位素肾脏清除技术:

放射性清除的研究可得到排斥时功能状态的信息(1)。闪烁探头置于心前区,静脉注入示踪剂为邻<sup>131</sup>碘马尿酸和<sup>109</sup>Yb、<sup>113</sup>In等标记的EDTA或DTPA。前者可测定有肾血浆流量(ERPF),后者可计算肾小球滤过率(GFR)(1)。

邻<sup>131</sup>碘马尿酸清除在排斥时下降也属较灵敏的指标(6,16-17),但此法未提供优越性,即排斥前1~2天,不但无下降,反而增高,易造成错觉(6~7)。Morre等解释此现象为排斥时移植肾处组织胺释放、血管渗透性增加而引起(18)。

在排斥时<sup>109</sup>Yb-EDTA肾小球滤过率与邻<sup>131</sup>碘马尿酸肾血浆流量的变化二者可以不成正比(1)。

但是,邻<sup>131</sup>碘马尿酸血液清除与膀胱/肾放射性比值对于区分排斥的类型有帮助,前者增高伴后者降低为早期急性排斥,而二者均降低见于超急性排斥或延迟的超急性排斥(delayed hyperacute rejection)(6,77)。此与静脉内血小板栓塞有关。可用肝素抗凝治疗(7)。

放射性<sup>133</sup>Xe肾清除可了解移植肾皮质

血流状况(1,19)即肾皮质血流量(RCBF)。这个方法的实际意义是很局限的,因为放射性<sup>133</sup>Xe需动脉插管选择性注入肾动脉。<sup>133</sup>Xe气体分布在肾组织中,测定放射性离开肾的速率,计算每克组织血流量。此检查有创伤性且难重复(3)。Hör.G等认为可用于移植前的尸体供肾,了解供肾的功能及组织情况(1)。

#### (五) $\gamma$ 闪烁照相动态肾显象和放射性同位素肾血管造影

肾移植中应用闪烁照相动态肾显象和同位素肾血管造影是个重要进展(3,8,20)。动态肾显象系示踪剂注入静脉后采用 $\gamma$ 闪烁照相机连续摄影,从一系列不同时相的闪烁照相图显示示踪剂肾内转运、肾盂排出和膀胱充盈情况。邻<sup>131</sup>碘马尿酸是一种最适合的示踪剂(3),其剂量用500微居里(容积应控制在1毫升以内),注入后第1分钟内摄片二张,每次摄片曝光15秒(即15~30秒和35~50秒各摄片一张),然后1、4、8、14、24分钟再各摄片一张,但每次曝光时间为2分钟。闪烁照相机具有分割线路的探头和双笔记录装置者或配用磁带记录和电子计算机处理者可获得定量数据。动态肾显象多用于术后肾功能不足、鉴别排斥与其他引起少尿或无尿的病因,并预测排斥(8)。

移植肾功能正常者,在15~30秒时移植肾有明显放射性出现,在1~3分钟(实质相),移植肾放射性积聚佳且分布均匀,在4~6分钟放射性在膀胱区积聚,肾区放射性下降,并在以后时相中更明显。正常者移植肾最初摄取(15~30秒)放射性必须高于周围组织3倍,1分钟时放射性高度又较最初摄取(15~30秒)高2倍。在术后无尿病人,如果移植肾不显影,强烈提示可能形成肾动脉血栓。如果注入马尿酸后第1分钟内摄取差或缺损,接着肾实质中轻度积聚,并见放射性不规则分布和滞留在肾实质内,示踪剂在肾脏通过和消退缓慢或不明显,可见

于急性肾小管坏死和急性排斥反应。

放射性同位素肾血管造影,可了解肾脏血流灌注情况,常采用 $^{99m}\text{Tc}$ -过锝酸 $10\sim 15$ 毫居里以“弹丸”形式注入静脉,闪烁照相机在第1分钟内摄片 $4\sim 5$ 张,每次曝光时间为4秒。照片显示大动脉,髂动脉和肾动脉相继充盈,接着流经整个移植肾区,而使移植肾清楚显影<sup>(3)</sup>。此检查对怀疑肾血管病变特别是肾动脉血栓形成和阻塞的诊断有很大意义、肾动脉完全阻塞者其远端的动脉不充盈、肾脏不显影;肾动脉分支阻塞者则该分支不充盈,由该分支供血的肾组织不显影。Hayes等认为在移植后第1天,如果 $^{131}\text{I}$ -马尿酸闪烁照相图中显示20分钟时移植肾放射性摄取少或不明显, $^{99m}\text{TcO}_4$ 血管造影是有用的。如果 $^{99m}\text{TcO}_4$ 血流好而 $^{131}\text{I}$ -马尿酸摄取明显缺乏者为肾小管坏死或严重的肾小管功能不良(dysfunction);如果 $^{99m}\text{TcO}_4$ 血流差者则为动脉阻塞或超急性排斥<sup>(7)</sup>。

#### (六)其他

尽管肾移植病人(受者)和同种供肾的选择上有明显进展,但排斥反应仍属常见。在识别肾移植的排斥反应中,诊断还存在一定的问题。急性肾小管坏死时诊断排斥反应特别困难,此种情况在尸体肾移植中会遇到。选择性X线肾动脉造影和肾活组织检查对排斥反应的研究和诊断是很有价值的,但属创伤性检查方法,限制了其临床诊断上的应用。因此,谋求一个非创伤的和无并发症的、并能很快得到诊断结果的方法是十分必需的<sup>(26)</sup>。近年来放射性纤维蛋白元<sup>(21,22)</sup>、硫化 $^{99m}\text{Tc}$ 胶体<sup>(23~25)</sup>、枸橼酸 $^{67}\text{Ga}$ <sup>(25)</sup>已用于肾移植排斥的诊断。

放射性纤维蛋白元和硫化 $^{99m}\text{Tc}$ 胶体均在急性或慢性排斥中浓聚在移植肾血管内纤维血栓中,因而在排斥时浓聚放射性。枸橼酸 $^{67}\text{Ga}$ 可被颗粒白细胞摄取,在炎症区域放射性增高,肾移植排斥时由于急性血管炎和间

质炎症而浓聚。放射性纤维蛋白元、硫化 $^{99m}\text{Tc}$ 胶体和枸橼酸 $^{67}\text{Ga}$ 在正常肾功能和肾小管坏死者则无浓聚。对诊断排斥不但敏感,而且在与肾小管坏死并存时排斥也可获得诊断。

放射性纤维蛋白元应用尚存在局限性:

(1)可能发生血清性肝炎的并发症;(2)显影需在24小时后,且图形不够满意;(3)正常与异常摄取之间差别范围较狭;(4)在血肿和尿漏时可假阳性;(5)慢性排斥时尚有阴性的报导。因此George等认为以硫化 $^{99m}\text{Tc}$ 胶体和枸橼酸 $^{67}\text{Ga}$ 为宜,尤以前者为佳<sup>(26)</sup>。他们观察到枸橼酸 $^{67}\text{Ga}$ 在急性肾小管坏死无尿时可以产生浓聚(假阳性),同时发现急性排斥期间用大剂量肝素抗凝治疗者,由于肝素阻止血管内血栓形成和抗炎效应,也就阻断 $^{99m}\text{Tc}$ 胶体和枸橼酸 $^{67}\text{Ga}$ 特异性浓聚,可出现假阳性。

#### 排斥反应的病理生理与放射性同位素检查的关系

放射性同位素检查在排斥时的结果与排斥的病理变化和功能障碍是相联系的。排斥时肾脏肿胀、脆弱。显微镜下显示间质水肿和扩大,淋巴细胞浸润。由于间质压力增高,致使小动脉和毛细血管受压,引起肾血流障碍,有时加之血管内血小板栓塞,进一步使肾血流减少。因而在动态闪烁照相或肾图中观察到肾脏摄取马尿酸减少(表示血流的损伤)、马尿酸进入膀胱的时间延缓和高峰出现的时间推迟(反映尿流速减低)<sup>(7)</sup>。

在排斥前或迫近排斥时,病理生理改变的报导和了解还很少。在放射性同位素研究中,首先观察到邻 $^{131}\text{I}$ 马尿酸钠滞留在肾实质内,肾实质转运马尿酸的障碍常早于肾血流减少。马尿酸在肾实质内滞留的机理尚未十分清楚,可能由于:(1)血管完整性损伤使马尿酸渗出到肾实质的间质内;(2)由于囊内压增高使集合小管受压,肾实质内尿

路梗阻（集合小管水平），（3）免疫反应引起肾小管功能损伤<sup>(7)</sup>。由此可以解释排斥早期时马尿酸血液清除增高而膀胱/肾放射性比值却降低，即移植肾对同位素“诱获”（“entrapment”）现象<sup>(6)</sup>，这个现象同样在肾图中表现为第三段下降减慢或无下降趋势、邻<sup>131</sup>碘马尿酸钠肾扫描表现为肾实质显影而肾盂及膀胱区放射性明显减低或无放射性，闪烁照相动态显象显示邻<sup>131</sup>碘马尿酸钠滞留在肾实质内，通过和消退缓慢。

此外，排斥时肾内血管床（包括小叶间血管、亚毛细血管等）纤维血栓形成、急性血管和间质炎症为放射性纤维蛋白元和硫化<sup>99m</sup>锝胶体、枸橼酸<sup>67</sup>镓扫描诊断排斥提供理论上的依据<sup>(26)</sup>。

放射性同位素检查方法的选择和与X线动脉造影的关系

放射性同位素检查的意义在肾移植并发症的诊断尤为重要。肾移植中并发尿漏，可用肾扫描（或闪烁照相）很好显示。其他并发症可区分为累及血管和累及实质，同时从术后并发症发生的时间还可分为早期和晚期（表3）<sup>(2)</sup>。

表 3 肾移植的并发症\*

术后早期 (4周内)	血管(动脉-静脉)	狭窄
		血栓形成
		血肿
	实 质	急性肾小管坏死 排斥
术后晚期 (4周以上)	血 管	狭窄—肾动脉 血栓形成—肾静脉
		排斥
	实 质	排斥

\*未包括尿漏

在移植后的早期，Hayes<sup>5</sup>等根据他们在术后14天内放射性同位素检查（包括肾图、肾扫描、膀胱/肾放射性比值和马尿酸血液清除等）结果，提出放射性同位素检查的选

用方案（表4）<sup>(7)</sup>。

表 4 衡量移植肾功能的放射性同位素检查的选用方案（基于移植后14天内定量肾扫描和马尿酸血液清除）

移植后立刻扫描结果	需要检查的方法	评 注
肾不摄取放射性	立即放射性 <sup>99m</sup> Tc血管造影必要时每天连续肾闪烁图	<sup>99m</sup> TcO <sub>4</sub> 血流好者符合急性肾小管坏死 <sup>99m</sup> TcO <sub>4</sub> 血流差或无者，符合动脉阻塞或超急性排斥
肾摄取差和膀胱无积聚放射性（注入后20分钟）	每天从连续肾闪烁照相中计算19~20分钟的肾/本底放射性比值	逐日改善者提示肾小管转运动能不良（dysfunction）逐日减退者提示超急性排斥反应的预后。
肾摄取较好20分钟膀胱积聚由差转好（B/K小于1.0）	每天从连续肾闪烁照相中测定放射性进入膀胱时间	扫描注意尿路梗阻，但尚需注意放射性通过延迟（Pooling）可酷似梗阻。
肾摄取良好20分钟膀胱积聚好，B/K大于1.0	每天测定B/K比值，连续观察14天。	B/K比值下降而血清除增高可预示排斥反应（常发生在术后第6天）

同时，他们认为放射性同位素检查最好于第1天就开始观察，其中<sup>99m</sup>Tc血管造影仅用于少数选择性的病例，在手术后14天以后，连续动态扫描在衡量动脉情况或尿路梗阻继续有用<sup>(7, 16)</sup>。

动脉狭窄和血栓形成、盆腔大血肿、急性肾小管坏死、超急性排斥反应或加速的排斥反应通常发生在术后即刻期间，表现为无尿，X线动脉造影常可获得区分<sup>(2)</sup>，正确性较高。但X线动脉造影系创伤性，且往往引起血肿等并发症，增加死亡率<sup>(4)</sup>。可期望区分这些并发症的<sup>99m</sup>Tc闪烁照相肾血管造影<sup>(8)</sup>，系静脉注入，较安全。

术后晚期并发症大部分是排斥。一系列肾图在临床表现前可测知排斥，肾图在指示移植肾功能中较X线肾动脉造影敏感<sup>(2)</sup>。X线肾动脉造影可反映晚期排斥的急性疾病过程（包括肾内动脉阻塞），放射性同位素检查（肾图，肾扫描，闪烁照相动态肾显象和

$^{99m}\text{Tc}$  血管造影等) 较方便(2)。在肾动脉狭窄的诊断中则以X线肾动脉最正确(2)。

此外, 不论急性或慢性排斥, 在与肾小管坏死并存时, 放射性纤维蛋白元、或硫化 $^{99m}\text{Tc}$  胶体或枸橼酸 $^{67}\text{Ga}$  扫描有较大价值, 应予选用。但在大剂量肝素抗凝治疗中有假阴性结果, 无尿病例中枸橼酸 $^{67}\text{Ga}$  扫描出现假阳性结果, 均需注意。

### 小 结

放射性同位素在肾移植中已广泛应用, 并有很大进展。它能了解移植肾功能情况, 诊断肾移植各种并发症和提示预后, 且具有简便、安全和能复查的优点。本文综述了近年来放射性同位素在肾移植中应用情况及其进展, 并对排斥时病理生理改变与放射性同位素检查结果之间关系的认识、肾移植中各类放射性同位素检查的选用予以介绍。

### 参 考 资 料

1. Hor G, et al: J Nucl Med 13: 795~800, 1972.
2. Gedgaudas E, et al: Radiol Clin North Am 10: 529~544, 1972.
3. Winken K Z, et al: Semin Nucl Med 4: 169~186, 1974.
4. Kjellstrand C M, et al: Am J Med 61: 190~199, 1976.
5. Hayes M, et al: Radiology 103: 627~631, 1972.
6. Hartford Foundation J A, et al: Transplantation 12: 139~141, 1971.
7. Hayes M, et al: Quantified scintiphotos in predicting early renal transplant rejection, in medical radioisotope scintigraphy vol 2, 1972, proceeding of a symposium IAEA Vienna 1973, P 211~233.
8. Hurley PF: Organ visualisation and

related studies clinical value.

"Recent advances in clinical nuclear medicine I" 1975, p 86~87.

9. Loken MK, et al: J Nucl Med 5, 80~810, 1964.
10. Davidson HD, et al: Genol 105: 682, 1969.
11. Figueroa J, et al: J Urol 100: 104, 1968.
12. Razzak MA, et al: J Nucl Med 10: 672, 1969.
13. Collins JJ Jr, Wilson R E: Ann Surg 161: 428, 1965.
14. Mobley JE, et al: Surgery 58: 815~818, 1965.
15. Lubin E, et al: Kidney scanning with hippuran. A necessary complement for correct interpretation of renography in the transplanted kidney in medical radioisotope scintigraphy. vol. 2. Vienna IAEA. 1968. P 219.
16. Kountz. S L, et al: JAMA 191: 997, 1965.
17. Awad W, et al: J Urpl 100: 233, 1969.
18. Morre T C, et al: Arch Surg 101: 45~51, 1970.
19. Lewis DH, et al: Am Surg. 166: 65, 1967.
20. Weiss E R, et al: J Nucl Med 11: 69~77, 1970.
21. Salaman JR: Br Med J 2: 517~521, 1970.
22. Yeboah E D, et al: Br J Urol 45: 273~280: 1973.
23. Saric-George E A, et al: Radiology 111: 465~466, 1974.
24. George E A, et al: Radiology 116:

121~126, 1975.

25. George E A, et al, J Nucl Med 17, 175~180, 1976.

〔上海第一医学院附属华山医院同位素室 刘永昌综述 林祥通 沈家立审阅〕

## 放射性同位素测定肺分区功能

一般常用的肺功能检查法,如 $O_2$ 与 $CO_2$ 分压,肺活量等测定多为双肺全部机能的检查。它对肺局部病灶之机能改变反映的不够准确,在正常肺组织代偿较好时,亦可能掩盖了病患部位机能减退而呈假阴性结果。

X线造影与肺扫描可以从解分布角度上提示肺局部疾患,亦可以反映某片断时间的肺分区功能。 $\gamma$ 照相可以从某些时间片断对肺分区功能进行动态观察,但设备复杂,难于推广。

1961年以来,许多报导应用 $^{133}Xe$ 、 $^{13}N$ 、 $^{15}O$ 等气体测定肺残气量、肺血流量、以及反映换气功能的半清出时间等测定(1~6),可以达到对肺分区功能的连续观察,提供定量数据。以此类检查配合灌注与吸入肺扫描,它们对呼吸系统某些疾病的研究和临床应用上有一定价值。目前,我国已能供应 $^{133}Xe$ 及多探头功能测定装置。我室于75年1期《呼吸系统疾病》中发表的《放射性同位素在呼吸系统疾病方面的临床应用》(7)一文中对 $^{133}Xe$ 吸入扫描叙述较多。本文将对静脉注入 $^{133}Xe$ 作肺分区功能测定,尤其在半清出时间方面的近年资料作综合介绍,以供开展这项工作的参考。

### 放射性氙的一般性能

$^{133}Xe$ 几乎不溶于血,可渗入橡皮及塑料中,故一般贮在玻璃容器中。避光低温保

存(8)。 $^{133}Xe$ 可作成两种剂型备用(9,10): (1)以 $CO_2$ 稀释至大气压力,放皮囊等密闭装置内供吸入扫描与测定。(2) $^{133}Xe$ 溶于消毒生理盐水中,于闭严之玻璃注射器中充分摇匀后供静脉注射。

常用的放射性氙有 $^{133}Xe$ 及 $^{125}Xe$ 等(11)。(1) $^{133}Xe$ :由反应堆制备,其物理半衰期为5.27天, $\gamma$ 射线能量为81千电子伏,由于能量低,在 $\gamma$ 照相机上最小分辨距离为9.5毫米铅隔。测定时肺被照射量为5.0毫拉德/毫居里·分。(2) $^{125}Xe$ :物理半衰期为17.2小时, $\gamma$ 射线能量为188千电子伏与243千电子伏,适于扫描,最小分辨距离为6.4毫米铅隔,肺照射量为1.8毫拉德/毫居里·分。 $^{125}Xe$ 的许多性能均较 $^{133}Xe$ 优越,但由于系加速器生产,造价高,半衰期短,故使用的不如 $^{133}Xe$ 广泛。

### $^{133}Xe$ 清出曲线的测定方法(12)

一般先作X片或灌注肺扫描显示病变部位。以两个闪烁探头对准病变部位及健肺对照位,如病变在上(或下)肺野,也可以另二探头对准双侧下(或上)肺野。用玻璃注射器内含 $^{133}Xe$ 生理盐水溶液0.5~3毫居里/毫升刺入患者肘静脉中,嘱患者憋住呼吸,将示踪剂快速呈“丸弹”式注入,再嘱咐病人自由呼吸。在探头所联接的多个单道分析器及记录鼓上看可以连续绘出二或四条清出曲线。(图1)