

· 基础研究 ·

维医沙疗皮肤组织的热效应分析

迪丽娜·马合木提 卫荣 欣叶莲叶·柳玻芙·尼库拉耶夫纳 张学学

【摘要】 目的 探讨维医沙疗的生物组织热效应。方法 采用 2700 型多通道数据采集仪,采集沙疗过程中人体体表温度的动态变化数据,应用皮肤表层组织温度响应方程,计算人体皮肤浅层组织在不同时间段及温度场的热效应状况。结果 每年 6 月中旬至 8 月中旬,下午 15:00 ~ 18:00 时沙疗所气温为 $(40 \pm 2.3)^\circ\text{C}$,离沙丘表面 10 ~ 20 cm 深处沙温可保持在 $(38.0 \pm 4.6)^\circ\text{C}$ 。沙疗过程中人体皮肤表层在 43°C 热沙作用下皮肤表面温度迅速升高(达 39°C 以上),由于汗液蒸发散热(释热)等,从皮肤表面到皮肤浅层组织的温度逐渐下降,皮肤浅层($X=2.08\text{mm}$)的温度是 $(36.0 \pm 0.3)^\circ\text{C}$ 。2 ~ 3 h 后,皮表温度降至 $(36.0 \pm 0.6)^\circ\text{C}$,并保持基本不变。结论 43°C 热沙对皮肤组织不会产生损伤,人体与沙体逐渐达到热平衡,是较理想的沙温;维医沙疗较佳条件为:每年 6 月中旬至 8 月中旬,每天下午 15:00 ~ 18:00 时,气温在 $(40.0 \pm 2.3)^\circ\text{C}$,离沙丘表面 10 ~ 20 cm 处,沙温保持在 $(38.0 \pm 4.6)^\circ\text{C}$,每次埋沙 0.5 ~ 1.0 h。

【关键词】 维医沙疗; 热效应; 皮肤组织

A study of heating effects of therapeutic sand on skin as used in the Uyghur medicine Dilina Mahemuty*, WEI Rong, Xinkarenko Liubov Nikulaevna, ZHANG Xue-xue. * Department of Mechanical Engineering, Xinjiang University, Urumqi 830008, China

【Abstract】 Objective To study the heating effect on skin of the therapeutic sand used in the Uyghur medicine. Methods We have continuously collected data of the dynamically changing surface body temperature during the course of sand therapy. Having applied the surface skin response equations, we calculated the situational effects on surface skin tissue by examining different temperature fields and time segments. All the data was collected by a 2 700 type multichannel data collection apparatus. Results It was found that, in the period of mid June to mid August every year, the air temperature of the sand therapy facility was $40 \pm 2.3^\circ\text{C}$ at the time 15:00 to 18:00 in the afternoon and the sand used as a medicinal poultice could be maintained at the temperature of $38 \pm 4.6^\circ\text{C}$ at the depth of 20 cm from the surface of the sand. During the process of sand therapy, the skin surface temperature rises rapidly, up to 39°C , but the skin surface temperature falls subsequently, as the heat stimulates perspiration and the cooling effect of evaporation takes place to $36 \pm 0.32^\circ\text{C}$. Two to three hours later, the surface skin temperature gets stable and maintained at $36 \pm 0.6^\circ\text{C}$. Conclusion When the sand temperature reached 43°C , it could not hurt the skin and tissue, because the body temperature could balance with sand temperature at an ideal temperature for the skin. The ideal time for sand therapy is during the period from June and August, at 15:00 ~ 18:00 every day. When the air temperature reaches $40 \pm 2.3^\circ\text{C}$, the sand temperature will be below $38 \pm 4.6^\circ\text{C}$. Under these conditions the human body should be buried under the sand at the depth of 20 cm for a period of one half to one hour to achieve therapeutic effects.

【Key words】 Sand therapy of Uyghur medicine; Heat effect; Skin

维医沙疗是一种自然疗法,主要在新疆吐鲁番地区特定气候、特定环境、强日光照射下的热沙中进行^[1]。集热疗、光疗、磁疗为一体。由于具有镇痛、镇静、消炎、消肿、降压、止泻等作用^[2,3],因而对风湿病有特殊的疗效,特别是对风湿性关节炎的疗效显

著^[4,5]。本研究涉及沙疗过程中热沙(多孔介质)和人体体表皮肤组织的传质传热过程的耦合,定量预测沙疗过程中皮肤组织的热效应,为维医沙疗的临床实施方案的选择提供理论依据^[6-9]。

资料与方法

一、气温变化的数据记录

沙疗季节为 6 ~ 9 月份,采用气象用温度计,每天对沙疗所的气温进行 5 次(10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00 时)测量。

二、沙体温度动态变化的测定

基金项目:国家自然科学基金资助项目(No. 30360126)

作者单位:830008 乌鲁木齐,新疆大学机械工程学院力学教研室(迪丽娜·马合木提);新疆医科大学一附院中医科(卫荣);乌克兰国立技术大学生物工程系微生物教研室(欣叶莲叶·柳玻芙·尼库拉耶夫纳);清华大学热能工程系工程热物理教研室(张学学)

采用 2700 型多通道数据采集仪(美国产);应用 7700 开关模块(有 20 个通道);连接热电偶^[10],选用 T 型偶丝(长 1 m,直径为 0.3 mm)20 根,其性能符合 IEC 584-1 和 IEC 584-2 标准,测量范围: -40 ~ 350℃,允差范围为 ±0.5℃。在沙疗季节,从 9:00 ~ 18:00 连续 9 h,对沙疗用热沙(多孔介质)沿深度方向实地测量沙体温度,测量深度分 5 段,分别为 0,5,10,15,20 cm,采集动态变化数据,并记录其随天气和日照时间的动态变化。

三、人体皮表温度动态变化的测定

风湿病患者 20 例,年龄 18 ~ 60 岁;其中男 10 例,女 10 例。诊断标准参考文献[10]。在沙疗过程中,采用 2700 型多通道数据采集仪,从 15:30 ~ 18:00,在患者膝关节、腕关节的内外侧的 2 个测量点分别分 60 个时间段和 10 个时间段,对皮表温度进行测量。采集人体皮表温度的动态变化数据。

四、维医沙疗的传热模型^[6-16]

应用皮肤组织三层结构传热模型^[8],并用 Pennes 生物传热方程等描述。

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot (k \nabla T) + \omega_b \rho_b c_b (T_b - T) + Q_m \quad (1)$$

式中 T 、 ρ 、 c 、 k 分别为生物组织的温度、密度、比热和热导率; ρ_b 、 c_b 、 T_b 分别为动脉血的密度、比热和温度; ω_b 为血液灌注率; Q_m 为代谢产热。

采用一维直角坐标 OX 下的 Pennes 生物传热方程,分析热沙作用下皮肤表层的热效应。模型中有关人体皮肤组织的热物性参数^[13]为:密度 $\rho = \rho_b = 1\,000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$;比热 $C = C_b = 4\,200 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}$;热导率 $k = 0.5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1}$;动脉血的温度 $T_b = 36.8^\circ\text{C}$;血液灌注率 $= 0.005 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$;代谢产热 $= 418 \text{ W} \cdot \text{m}^{-3}$ 。在皮肤三层结构膜型中,分为皮肤表层 $X_{\text{表}} = 2.08 \text{ mm}$,中层 $X_{\text{中}} = 10 \text{ mm}$ 及深层 $X_{\text{深}} = 32.92 \text{ mm}$ 三层结构。

在皮肤中层组织中因不考虑血液灌注率及代谢率,由导热方程来描述:

$$\rho C \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot (k \nabla T) \quad (2)$$

对于皮肤表层因无血液流动换热,主要是汗液流动换热,汗液传热方程 3 为^[6,7,11]:

$$\rho C \frac{\partial T}{\partial t} = K \cdot \nabla^2 T - \rho_s C_s V \nabla T + Q_s \quad (3)$$

式中 ρ_s 和 C_s 为汗液的密度和比热; V 为汗液在汗孔导管内的矢量速度; Q_s 为由于汗液在皮肤深部组织内吸收而在皮肤浅表处凝结释放出的热量; T 代表皮肤表层生物组织的温度。本文应用方程(1~3)结合边界条件(4,5),即 $X = 0, T = T_s$ (皮表温度),热沙温度 $T = T_w = 43^\circ\text{C}$ 时,只对皮肤表面在热沙作用下的

热效应进行分析。汗液的物性参数与水近似,而水的物性与生物组织相当,故 $\rho_s \approx \rho, C_s \approx C$;汗液在汗孔导管内的流速取为与毛细管床内血液流速相当即 $V \approx 0.03 \text{ cm/s}$;汗液释热 $Q_s \approx Q_m$ (代谢率)。边界条件:

$$t = 0, T = T_i(x) \quad (4)$$

$$X = 0, T = T_w; X = H_1, \partial T / \partial X = 0 \quad (5)$$

计算中采用有限差分方法对建立的数学模型进行求解。

结 果

一、沙疗所气温变化情况

吐鲁番盆地低于海平面 100 多米,具有夏季长、冬季短(夏季平均 149 d,冬季平均 96 d)的独特气候^[3]。吐鲁番沙疗所沙疗季节(6 ~ 8 月)时,10:00 ~ 18:00 的气温平均为 $(43.0 \pm 2.2)^\circ\text{C}$ (13:00 时达 45°C),15:00 ~ 18:00 时气温下降为 $(40.0 \pm 2.3)^\circ\text{C}$ 。详见图 1。

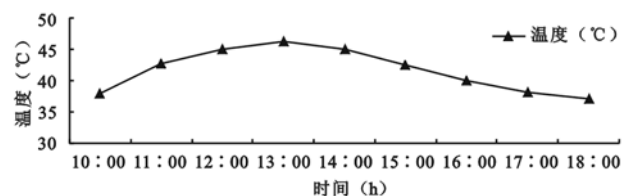


图 1 沙疗所气温随时间的动态变化

二、沙体不同深度的温度随时间的变化

沙丘表面温度受气温、日光辐射、风力等环境因素的影响,很不稳定;深度 5 cm 处沙温的变化,上午随着表面温度的上升而上升,13:00 最高,温度可达 45°C ,13:00 以后随着沙丘表面温度的下降而开始下降;深度 10 ~ 20 cm 处沙温的变化比较平稳,15:00 ~ 18:00 时沙体温度保持在 $(38.0 \pm 4.6)^\circ\text{C}$,且在较长时间内温度波动不大(图 2)。

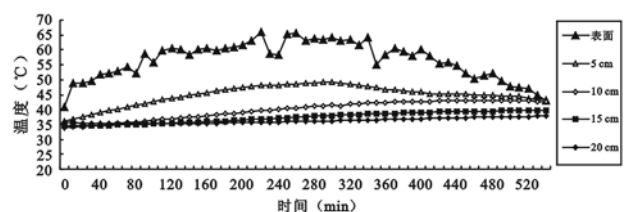


图 2 不同深度沙温随时间的变化

三、沙疗中皮肤皮表温度的动态变化

根据生理解剖结构建立的皮肤三层结构示意图(图 3), X 为沿皮肤深度传热方向, Y 为沿皮肤表面热沙作用换热方向。与 43°C 热沙接触处的膝关节皮肤表面(测点 1、测点 2),起初温度达 39.6°C ,随时间的推移,皮肤表面温度缓慢下降,经过 3 h 下降为 $(36.0$

± 0.5) $^{\circ}\text{C}$ (图 4)。与 43°C 热沙接触处的腕关节皮肤表面(测点 1、测点 2),开始的接触温度为 38.8°C , 随着时间的推移,皮肤表面温度也缓慢下降,经过 2 h 下降为 $(36.0 \pm 0.6)^{\circ}\text{C}$ (图 5)。

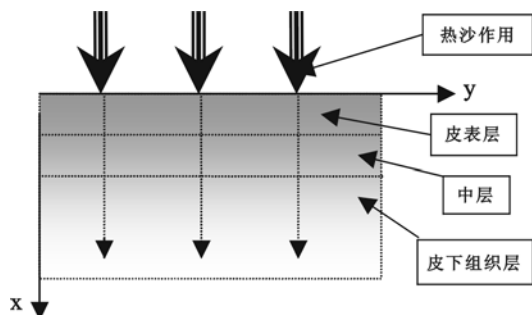


图 3 热沙作用皮表组织示意图

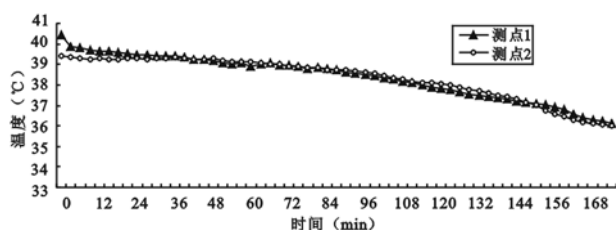


图 4 膝关节皮表温度随时间的动态变化

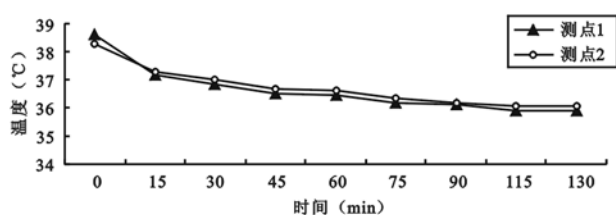


图 5 腕关节皮表温度的动态变化

四、组织内的温度分布

应用 Pennes 方程、皮肤浅层组织传热方程,结合边界条件及 $X = 0 \sim 2.08 \text{ mm}$, 计算 43°C 热沙作用 200 s 后皮肤浅层的温度分布情况 (图 6)。

从图 6 可以看出,从皮肤表面到皮肤浅层组织的温度是下降的,皮肤浅层组织 ($X = 2.08 \text{ mm}$) 的温度是 $(36.0 \pm 0.32)^{\circ}\text{C}$ 。

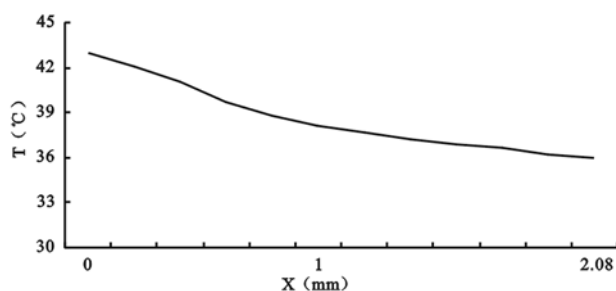


图 6 热沙作用 200 s 后皮肤表层组织的温度分布

讨 论

利用新疆自然资源——吐鲁番磁性沙丘进行沙疗,是维吾尔医学的一种特殊疗法。维医沙疗是集热沙的传热、沙子的磁性、矿物质的渗透、沙粒的按摩及光疗等为一体的综合性物理治疗方法^[5]。沙粒平均直径为 0.25 mm , 热容量为 $0.22 \sim 0.32 \text{ 卡}$, 当量导热系数为 $0.23 \sim 0.25 \text{ W/mK}$ (温度范围 $30 \sim 80^{\circ}\text{C}$), 比重为 $2.67^{[7]}$ 。沙粒的这些特性有利于沙疗对风湿病特别是风湿性关节炎的治疗^[3]。但目前沙疗尚未形成理论体系,作用机制的研究尚未深入开展。

我们的研究表明,沙疗过程中人体皮肤表层在 43°C 热沙作用下,表面温度迅速升高 (达 39°C 以上), 由于汗液蒸发散热 (释热) 等,从皮肤表面到皮肤浅层组织的温度是逐渐下降的,皮肤 2.08 mm 处的温度是 $(36.0 \pm 0.32)^{\circ}\text{C}$, 说明在短时间内沙体的温度对人体皮肤表面的温升影响较大,而对中层组织及皮下组织温升的影响微乎其微。2 ~ 3 h 后,皮表温度降至 $(36.0 \pm 0.6)^{\circ}\text{C}$, 并保持基本不变。由此可得出: 43°C 热沙对皮肤组织不会产生损伤,人体感觉舒适,这与沙疗的临床效果相吻合。我们认为,维医沙疗较佳条件为: 6 月中旬至 8 月中旬, $15:00 \sim 18:00$, 气温 $(40.0 \pm 2.3)^{\circ}\text{C}$ 时, 离沙丘表面 $10 \sim 20 \text{ cm}$ 处, 沙温保持在 $(38.0 \pm 4.6)^{\circ}\text{C}$, 每次沙疗 $0.5 \sim 1 \text{ h}$ 。

我们的研究工作是初步的。维医沙疗过程中,生物组织温度变化与沙疗效果关系的研究及沙疗的机制探讨正在深入开展,有望为维医沙疗的临床实施方案选择提供更多理论依据。

参 考 文 献

- 刘静,张学学,王存诚. 皮肤浅层一个反常温度分布现象的物理解释. 航天医学与医学工程, 1997, 2: 135-137.
- 迪丽娜·马合木提, 尼亚孜. 新疆吐鲁番沙疗资源利用及疗效分析. 维吾尔医杂志, 1996, 4: 18-21.
- 迪丽娜·马合木提, 尼亚孜. 新疆吐鲁番沙疗治疗风湿类疾病的研究. 维吾尔医杂志, 1997, 3: 20-23.
- 迪丽娜·马合木提, 哈木拉提, 富荣昌. 维医沙疗与生物力学. 中国民族医药杂志, 2000, 6: 24-26.
- 迪丽娜·马合木提, 穆合塔尔, 热夏提. 维医沙疗中现代机理探究. 力学与实践, 2002, 132-134.
- 刘静, 王存诚. 生物传热学. 北京: 科学出版社, 1997. 370-376.
- Jiang SC, Ma N, Wang SS, Zhang XX. Analysis of skin heat transfer and prediction of skin burn subjected to a hot water film. Space Med Med Eng, 2003, 16: 400-404.
- 赵友全, 李立勇, 范世福, 等. 脉冲激光在医学中的光热效应分析. 中华物理医学与康复杂志, 2004, 26: 114-116.
- 周一欣, 刘静. 借助显微镜用普通偶丝制作微细热电偶. 工程热物理学报, 2003, 24: 307-309.
- 陈灏珠. 实用内科学. 北京: 人民卫生出版社, 2001. 2299-2356.

- 11 朱光明, 刘伟. 肢体传热的二维数值计算分析. 华中理工大学学报, 2000;98-99, 108.
- 12 夏全龙, 夏雅琴. 深部组织热物性参数的测量及其结果分析. 北京生物医学工程, 2003, 22: 37-39, 44.
- 13 桂林, 刘静. 经皮沸水注射疗法中组织内的热传递分析. 航天医学与医学工程, 2003, 16: 336-339.
- 14 马宁, 江世臣, 李和杰, 等. 激光对皮肤层状组织作用的非傅立叶效

应及光致热损伤分析. 航天医学与医学工程, 2003, 16: 133-137.

- 15 江世臣, 李和杰, 马宁, 等. 皮肤组织热水烫伤传热分析. 航天医学与医学工程, 2003, 16: 44-47.

(收稿日期: 2005-02-20)

(本文编辑: 熊芝兰)

· 短篇论著 ·

等幅中频电疗法配合超短波治疗慢性前列腺炎

纪红 周岩

我院自 2000 年以前采用超短波辅助治疗慢性前列腺炎, 取得了一定效果, 在此基础上我院于 2000 年起, 采用等幅中频电疗法配合超短波治疗慢性前列腺炎, 疗效显著。现报道如下。

一、资料与方法

经门诊确诊为慢性前列腺炎的患者 80 例, 随机分为两组。等幅中频电疗法联合超短波治疗组(治疗组)40 例, 年龄 23 ~ 56 岁, 平均 31.2 岁; 病程 2 周 ~ 3 年, 平均 1.5 年。超短波治疗组(对照组)40 例, 年龄 22 ~ 54 岁, 平均 31.0 岁; 病程 3 周 ~ 4 年, 平均 1.4 年。所有患者均有不同程度的会阴部胀痛不适、腰骶部疼痛或不适、阴囊痛、尿后滴白、尿频、尿不尽、尿痛、排尿无力、失眠、性功能减退。直肠指诊前列腺有不同程度压痛及硬结。前列腺液镜检: 白细胞数 > 每个高倍镜视野 10 个, 卵磷脂小体减少或消失。前列腺液培养: 治疗组有金黄色葡萄球菌、大肠杆菌、表皮葡萄球菌、链球菌者 21 例; 对照组有上述 4 种菌者 18 例。两组年龄、病程构成比差异无统计学意义($P > 0.05$), 并排除细菌性尿道炎和非细菌性尿道炎及膀胱疾病。

等幅中频电疗法采用北京产高级电脑中频电疗仪 CM-2000A 型, 使用 31 号处方, 频率 2 000 Hz, 取一面积为 5 cm × 10 cm 的长方形电极置于腰骶部, 另取一直径为 5 cm 的圆形电极置于会阴部, 剂量为患者耐受量, 每次 20 min。超短波疗法采用上海产 LDT-CD31 型超短波电疗机, 频率 40.68 MHz, 波长 7.374 m, 患者取仰卧位, 取面积为 20 cm × 40 cm 电极板两块, 分别置于腰骶部及耻骨联合处, 剂量为微热量, 每次 15 min。治疗组先进行超短波治疗, 后进行等幅中频电疗法, 每日 1 次, 10 次为 1 个疗程, 疗程间隔 5 d, 共治疗 3 个疗程。对照组只采用超短波治疗, 每日 1 次, 10 次为 1 个疗程, 间隔 5 d, 治疗 3 个疗程。所有患者均另口服氧氟沙星片, 每日 2 次, 每次 0.2 g; 特拉唑嗪片, 每次 2 mg, 每日睡前口服 1 次。

疗效评价标准^[1]: 痊愈——症状全部消失, 前列腺液检查白细胞 < 每个高倍镜视野 10 个; 显效——症状明显减轻, 前列腺液检查白细胞 < 每个高倍镜视野 10 个, 卵磷脂小体增加; 好转——症状减轻, 前列腺液检查白细胞 > 每个高倍镜视野 10 个, 卵磷脂小体增加不明显; 无效——症状无改善, 前列腺液检

查白细胞 > 每个高倍镜视野 10 个或成堆出现, 卵磷脂小体明显减少, 甚至消失。

统计学分析采用 χ^2 检验。

二、结果

治疗组 40 例中, 痊愈 25 例, 显效 8 例, 好转 4 例, 无效 3 例, 总有效率为 92.5%。对照组 40 例中, 痊愈 14 例, 显效 7 例, 有效 7 例, 无效 12 例, 总有效率 70.0%。两组总有效率比较, 差异有统计学意义($\chi^2 = 9.387, P < 0.05$)。

三、讨论

慢性前列腺炎是男性生殖系常见病, 为小于 50 岁男性最常见的泌尿系疾病, 严重者可影响生活质量。慢性前列腺炎的病原学研究尚有争论, 除细菌感染外仍不能排除沙眼衣原体和支原体感染的可能。由于目前慢性前列腺炎的发病机制还不甚清楚, 故本文所取病例中尽管有相当部分细菌培养为阳性, 但疗效评价没有把细菌学作为评价标准。

中等剂量超短波治疗可以促进炎症渗出物吸收, 使血管扩张, 同时改善血液循环和组织细胞通透性, 改善生殖系统的内环境^[2], 在慢性前列腺炎治疗上疗效显著^[3]。等幅中频电疗法治疗可以促进或调节局部血液循环, 促进神经血管功能恢复, 还可以使痛阈上升而呈现明显的镇痛作用, 对炎症浸润、瘢痕、粘连、硬结均有较好的促进吸收、消散、软化的作用^[4]。在超短波治疗慢性前列腺炎的基础上加用等幅中频电疗法, 其效果明显优于单纯的超短波治疗, 对缓解慢性前列腺炎的症状, 减少前列腺液中的白细胞数量, 均有一定疗效, 值得推广。由于本组病例少, 尚需进一步积累病例进行研究证实。

参 考 文 献

- 1 高敏. 低强度激光血管内照射联合超短波治疗慢性前列腺炎的对比观察. 中华物理与康复医学杂志, 2003, 25: 59-60.
- 2 王金田, 王德江, 主编. 临床实用理疗学. 辽宁: 辽宁科学技术出版社, 1995. 81-86.
- 3 明德玉. 经直肠 He-Ne 激光并超短波治疗慢性前列腺炎. 中华物理与康复医学杂志, 2002, 24: 690-691.
- 4 乔志恒, 范维铭, 主编. 物理治疗学全书. 北京: 科学技术出版社, 2001. 436-439.

作者单位: 318000 台州, 浙江省台州市市立医院康复中心(纪红), 泌尿外科(周岩)

(修回日期: 2005-04-30)

(本文编辑: 阮仕衡)