· 临床研究 ·

连续性远红外线照射在维持老年透析患者动静脉内瘘功能中的作用

田英,杜宗华,朱霞,向静,毛慧慧*
(恩施土家族苗族自治州中心医院肾病风湿内科,湖北 恩施 445000)

【摘 要】 **目的** 探讨联合连续性远红外线照射治疗在维持老年糖尿病肾病(DN)透析患者自体动静脉内瘘(AVF)功能中的作用及对患者瘘管血流量的影响。**方法** 将 2020 年 1 月至 2023 年 12 月恩施土家族苗族自治州中心医院收治的 152 例应用 AVF 的老年 DN 透析患者作为研究对象。随机将其分为照射组和对照组,每组患者 76 例,其中对照组透析结束后 24 h 在 AVF 皮肤处涂抹多磺酸粘多糖乳膏,照射组在此基础上联合连续性远红外线照射。比较两组内瘘并发症及各并发症发生时间,测量患者透析实际血流量,并采集患者外周静脉血,检测其干预前后血管内皮功能指标[一氧化氮(NO)和内皮素(ET)]及炎症指标[C 反应蛋白(CRP)]。采用 SPSS 26.0 软件进行数据分析。根据数据类型,组间比较分别采用 t 检验、χ^2 检验及秩和检验。**结果** 两组干预期间均未出现内瘘栓塞、狭窄等导致的内瘘失功病例。照射组皮下淤血、皮肤及皮下硬结、血管弹性下降等并发症发生率均低于对照组,各并发症发生时间晚于对照组,经干预后,患者透析实际血流量高于对照组,差异均有统计学意义($P<0.05$)。照射组经干预后血清 NO 水平较同组干预前上升,ET 及 CRP 水平较同组干预前下降($P<0.05$);对照组干预前后 NO、ET 以及 CRP 水平无明显改变($P>0.05$);且照射组经干预后 NO 水平高于对照组,ET 以及 CRP 水平低于对照组,差异均有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 在多磺酸粘多糖乳膏的基础上联合连续性远红外线照射可有效降低老年 DN 透析患者 AVF 穿刺相关并发症发生风险,延缓并发症发生时间,同时还可改善血管内皮功能,降低炎症反应,确保透析实际血流量。

【关键词】 老年人;维持性血液透析;自体动静脉内瘘;连续性远红外线照射
【中图分类号】 R645.3;R592 【文献标志码】 A 【DOI】 10.11915/j.issn.1671-5403.2025.12.197

Role of continuous far-infrared radiation in maintaining function of arteriovenous fistula in elderly dialysis patients

Tian Ying, Du Zonghua, Zhu Xia, Xiang Jing, Mao Huihui*
(Department of Nephrology and Rheumatology, Central Hospital of Enshi Tujia and Miao Autonomous Prefecture, Enshi 445000, Hubei Province, China)

【Abstract】 **Objective** To investigate the role of continuous far-infrared radiation therapy in maintaining the function of autogenous arteriovenous fistula (AVF) in elderly dialysis patients with diabetic nephropathy (DN) and its effect on fistula blood flow. **Methods** A total of 152 elderly DN dialysis patients using VF admitted to the Central Hospital of Enshi Tujia and Miao Autonomous Prefecture from January 2020 to December 2023 were selected as the study subjects. They were randomly divided into a radiation group and a control group, with 76 patients in each group. The control group received topical application of mucopolysaccharide polysulfate cream on the AVF skin 24 h after dialysis, while the radiation group received additional continuous far-infrared radiation. The incidence and time of occurrence of fistula complications were compared between the two groups. The actual dialysis blood flow was measured, and the peripheral venous blood was collected to detect the vascular endothelial function indicators [nitric oxide (NO), endothelin (ET)] and inflammatory indicators [C-reactive protein (CRP)] before and after intervention. SPSS statistics 26.0 was used for statistical analysis. Data comparison between two groups was performed using t test, χ^2 test or rank-sum test depending on data type. **Results** During intervention, no case of fistula failure caused by fistula embolism and stenosis occurred in either group. The incidence of complications such as subcutaneous ecchymosis, skin and subcutaneous induration, and decreased vascular elasticity in the radiation group were lower than that in the control group, and the time of occurrence of each complication was later than that in the control group. After intervention, the actual dialysis blood flow in the radiation group was higher than that in the control group , and the differences were statistically significant ($P<0.05$).

收稿日期: 2024-12-17; **接受日期**: 2025-02-20
基金项目: 恩施州"启航专项"科技计划项目(D20230060);湖北省卫生计划委员会项目(WJ2023M198)
通信作者: 毛慧慧, E-mail: mhh20091@163.com

After intervention, the serum NO level in the radiation group increased, while ET and CRP levels decreased as compared with before intervention in the radiation group ($P<0.05$). NO, ET and CRP in the control group did not change significantly before and after intervention ($P>0.05$). Furthermore, the NO level in the radiation group after intervention was higher, while the ET and CRP levels were lower than those in the control group , and the differences were statistically significant ($P<0.05$). **Conclusion** Combined continuous far-infrared radiation based on mucopolysaccharide polysulfate cream application can effectively reduce the risk of AVF puncture-related complications, delay the occurrence of complications, improve vascular endothelial function, reduce inflammatory response, and ensure adequate actual dialysis blood flow in elderly DN dialysis patients.

【**Key words**】 aged; maintenance hemodialysis; autologous arteriovenous fistula; continuous far-infrared radiation therapy

This work was supported by Enshi "Sailing Special" Plan Project of Science and Technology (*D*20230060) *and Hubei Provincial Health Planning Commission Project* (WJ2023M198).

Corresponding author: *Mao Huihui*, *E-mail*: *mhh20091@163.com*

糖尿病肾病(diabetic nephropathy, DN)进展至终末期后患者需进行维持性血液透析(maintenance hemodialysis, MHD)治疗。自体动静脉内瘘(arteriovenous fistula, AVF)作为 MHD 最常用的血管通路,具有易于穿刺、使用时限长、并发症少等优势,但随着透析年限的延长,反复穿刺所引起的各种并发症将促使内瘘功能丧失,进而影响患者预后[1]。与其他类型的透析原发病患者相比,DN 患者往往存在血管内皮功能障碍,且老年 DN 患者机体代谢功能减退,在高糖环境刺激下,血管吻合口更易发生狭窄,AVF 功能丧失风险更高[2]。如何有效维持老年 DN 透析患者的 AVF 功能,保障其 AVF 使用年限,是当前研究的热点[3]。目前,维护 AVF 功能的方式主要包括提高穿刺技术、局部或全身用药与物理治疗。多磺酸粘多糖乳膏联合热敷是国内多数透析中心用于维护患者 AVF 功能的常见方式,其物理治疗安全性高、操作简单,在临床中具有良好的应用前景,且远红外线可穿透皮肤表层,改善血管壁通透性,加速局部组织血液循环,有效提高血管血流量,在促进 AVF 成熟、改善 AVF 相关并发症中具有一定的效果[4,5]。但该方式处理后,不少患者依旧会出现 AVF 相关并发症。本研究旨在进一步探究连续远红外线治疗在维持 AVF 功能中的应用价值,报道如下。

1 对象与方法

1.1 研究对象

开展前瞻性研究,将 2020 年 1 月至 2023 年 12 月恩施土家族苗族自治州中心医院收治的 152 例应用 AVF 的老年 DN 透析患者作为研究对象。采用随机数表法将患者分为照射组及对照组,每组患者 76 例。本研究经恩施土家族苗族自治州中心医院伦理委员会批准,参与者均知情且同意。

纳入标准:年龄≥60 岁;符合美国国家肾脏基金会肾脏病预后质量倡议指南中慢性肾脏病(chronic kidney disease, CKD)5 期标准[6];规律维持性血液透析治疗时间≥1 年,3 次/周,每次 4 h;应用 AVF。排除标准:合并精神障碍;生活不能自理且缺乏固定人照顾;严重营养不良、水肿造血系统疾病;合并恶性肿瘤;自体动静脉内瘘处皮肤受损;参与研究前已并发严重 AVF 相关并发症。

1.2 方法

1.2.1 治疗方法 对照组透析结束 24 h 后,在 AVF 皮肤处涂抹多磺酸粘多糖乳膏,照射组在此基础上联合连续性远红外线照射。(1)对照组:患者透析结束 24 h 后在 AVF 皮肤处涂抹 1 g 多磺酸粘多糖乳膏[Mobilat Produktions GmbH(德国),14 g/支,注册号 H20160602],为确保用量准确性,指导患者使用乳膏自带开口钉,将其推到最大位置后挤出 5 cm 乳膏,均匀涂于瘘口至内瘘顶端,涂抹好后使用聚乙烯薄膜整圈包裹手臂,使用 42℃ 毛巾或热水袋热敷 15~20 min。(2)照射组:照射组在对照组的基础上联合连续远红外线照射治疗,每次透析开始 30 min 后进行远红外线治疗,治疗仪器为 TY-102 型远红外线发射器,照射反复穿刺处局部,发射器平板距肢体 25~30 cm,波长 5~12 μm,温度以<40℃ 为宜,每次透析照射时间为 40 min。(3)干预时间及观察方法:连续干预 6 个月,观察两组干预效果,并发症由患者、患者家属及研究人员共同参与记录,若出现内瘘栓塞等导致的内瘘失功,则停止观察。

1.2.2 观察指标 (1)统计患者并发症发生率及并发症发生时间,包括皮下淤血、皮肤及皮下硬结、血管弹性下降。其中血管弹性下降通过双人盲法判定,若患者符合以下两种情况中的任意一种即可判断为血管弹性下降:①血管弹性下降,血管局部硬化、可触及边界,内瘘波动有力;②血管弹性下降,血管有条索状硬化,行走不清,内瘘波动无力,血管边界不清。(2)记录患者透析时血液透析机屏幕显示

的最大实际血流量,采用贝克曼 LX20 全自动生化分析仪检测患者透析完后血尿素氮及肌酐水平,计算尿素清除指数(Kt/V)值。(3)检测患者干预前后血清炎症因子水平。分别于干预前后采集患者外周静脉血 5 ml,硝酸还原酶法检测一氧化氮(nitric oxide, NO)水平,酶联免疫吸附法检测内皮素(vascular endothelin, ET)及 C 反应蛋白(C-reactive protein, CRP)水平。

1.3 统计学处理

采用 SPSS 26.0 统计软件进行数据分析。符合正态分布的计量资料用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,采用 t 检验;计数资料用例数(百分率)表示,采用 χ^2 检验,等级资料采用秩和检验。$P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 两组患者基线资料

两组患者基线资料比较,差异无统计学意义($P>0.05$;表 1)。

表 1 两组患者基线资料比较

Table 1 Comparison of baseline data between two groups ($n=76$)

Item	Radiation group	Control group	t/χ^2	P value
Age(years, $\bar{x}\pm s$)	65.79±3.49	66.01±4.05	0.359	0.720
Gender[n(%)]			0.105	0.746
Male	40(52.63)	38(50.00)		
Female	36(47.37)	38(50.00)		
BMI(kg/m^2, $\bar{x}\pm s$)	23.05±1.89	23.13±1.93	0.258	0.797
Duration of T2DM(years, $\bar{x}\pm s$)	17.46±2.46	18.23±2.74	1.699	0.092
Dialysis age(years, $\bar{x}\pm s$)	2.16±0.39	2.21±0.42	0.761	0.448
Arterial pressure(mmHg, $\bar{x}\pm s$)	103.15±16.82	104.07±17.41	0.3331	0.741
Venous pressure(mmHg, $\bar{x}\pm s$)	94.45±12.71	94.34±13.66	0.051	0.959
PT(s, $\bar{x}\pm s$)	17.11±2.24	17.09±2.18	0.045	0.964
APTT(s, $\bar{x}\pm s$)	38.05±3.37	37.73±3.73	0.555	0.580
Platelet($\times10^9$/L, $\bar{x}\pm s$)	223.75±28.87	225.01±30.74	0.260	0.795
Serum albumin(g/L, $\bar{x}\pm s$)	42.03±2.96	41.47±3.05	1.159	0.253
Hemoglobin(g/L, $\bar{x}\pm s$)	115.46±11.04	116.03±10.35	0.328	0.743

BMI: body mass index; T2DM: type 2 diabetes mellitus; PT: prothrombin time; APTT: activated partial thromboplastin time. 1 mmHg=0.133 kPa.

2.2 两组患者治疗结局分析及并发症发生情况

两组干预期间均未出现内瘘栓塞、狭窄等导致的内瘘失功病例。照射组皮下淤血、皮肤及皮下硬结、血管弹性下降发生率均低于对照组,差异均有统计学意义($P<0.05$;表 2)。

表 2 两组患者并发症发生情况比较

Table 2 Comparison of occurrence of complications between two groups [$n=76$, n(%)]

Group	Subcutaneous congestion	Skin and subcutaneous induration	Decreased vascular elasticity
Radiation	4(5.26)	5(6.58)	3(3.95)
Control	12(15.79)	13(17.11)	10(13.16)
χ^2	4.471	4.033	4.122
P value	0.034	0.045	0.042

2.3 两组患者并发症发生时间

照射组患者皮下淤血、皮肤及皮下硬结、血管弹性下降等并发症发生时间均晚于对照组,差异均有统计学意义(均 $P<0.001$;表 3)。

表 3 两组患者并发症发生时间比较

Table 3 Comparison of complication occurrence time between two groups ($n=76$, d, $\bar{x}\pm s$)

Group	Subcutaneous congestion	Skin and subcutaneous induration	Decreased vascular elasticity
Radiation	103.63±12.36	107.05±13.41	104.37±12.66
Control	86.79±10.78	83.94±11.65	90.59±12.07
t	8.951	11.342	6.868
P value	<0.001	<0.001	<0.001

2.4 两组患者实际血流量

照射组经干预后患者实际血流量高于对照组,Kt/V 值也高于对照组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$;表 4)。

表 4 两组患者实际血流量比较

Table 4 Comparison of actual blood flow between two groups ($n=76$)

Group	Blood flow volume[n(%)]			Kt/V ($\bar{x}\pm s$)
	Sufficient	Less sufficient	Insufficient	
Radiation	73(96.05)	3(3.95)	0(0.00)	1.28±0.25
Control	63(82.89)	10(13.16)	3(3.95)	1.13±0.21
Z/t		7.090		4.005
P value		0.008		<0.001

2.5 两组患者干预前后血清炎症因子水平

两组患者干预前比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。干预后,照射组血清 NO 水平较同组干预前上升,ET 及 CRP 水平较同组干预前下降,差异均有统计学意义(均 $P<0.001$);且照射组 NO 水平高于对照组,ET 以及 CRP 水平低于对照组,差异均有统计学意义(均 $P<0.001$;表 5)。

表 5 两组患者干预前后血清炎症因子水平比较

Table 5 Comparison of serum inflammatory factors levels between two groups before and after intervention ($n=76$, $\bar{x}\pm s$)

Group	Before intervention			After intervention		
	NO(μmol/L)	ET(μmol/L)	CRP(mg/ml)	NO(μmol/L)	ET(μmol/L)	CRP(mg/ml)
Radiation	72.05±7.68	97.45±8.49	10.66±2.15	90.36±10.33*	65.45±9.63*	7.42±1.84*
Control	71.46±8.65	96.76±8.88	10.71±2.23	72.73±9.79	97.33±10.05	10.31±1.97
t	0.445	0.490	0.141	10.799	19.967	9.346
P value	0.657	0.625	0.888	<0.001	<0.001	<0.001

NO: nitric oxide; ET: vascular endothelin; CRP: C-reactive protein. Compared with the same group before treatment, *P<0.05.

3 讨 论

DN 患者血管弹性差,与其他原发病导致的终末期肾病患者相比,更易发生 AVF 相关并发症。而动静脉内瘘血管有限,可供穿刺的血管不多,一旦发生 AVF 相关并发症导致 AVF 不能正常使用,可能威胁患者生命安全,同时穿刺并发症频繁发生将增加 AVF 远期并发症如动静脉内瘘血栓、狭窄、心力衰竭等发生风险,降低患者预后[7,8]。减少患者穿刺并发症在保障 AVF 使用年限及改善患者预后中具有重要价值。

多磺酸粘多糖是一种肝素类似物,可帮助皮肤吸收并保持水分,多用于各种皮肤病的治疗。此外,多磺酸粘多糖具有预防浅表血栓形成、促进血栓吸收以及抗炎作用,故也是临床中治疗 AVF 穿刺相关并发症的常见局部用药[9,10]。本研究发现,与单用多磺酸粘多糖乳膏的对照组相比,联合应用连续远红外线照射的照射组患者皮下淤血、皮肤及皮下硬结、血管弹性下降等并发症发生率进一步下降,且各并发症发生时间也明显延后。提示联合连续性远红外线照射可更为有效地预防 AVF 穿刺相关并发症,可作为日常维护 AVF 功能的治疗方案。

远红外线照射是一种具有强热作用的电磁波,其波长在 5.6~1 000 μm,可穿透皮肤表层直达皮下,与其他热疗方式相比,远红外线照射可维持稳定的温度,安全性较高。而 DN 患者多合并外周神经病变,其神经感觉功能衰退,对温度灵敏性下降,易引起灼伤,而远红外线的这种优势恰好能满足 DN 患者治疗的安全性需求[11]。

关于远红外线在保护透析患者 AVF 功能中的机制较多且复杂,Yen 等[12]研究表示,远红外线治疗能阻断血小板与血管性血友病因子的结合,抑制透析患者血小板与血管内皮的相互作用,发挥血管保护功效。Chang 等[13]研究证实,远红外线能抑制外周血白细胞介素-6 及肿瘤坏死因子 α 水平,恢复血管内皮 NO 的表达,而 NO 是维护血管内皮功能的重要因子,可降低血管紧张度,保护 AVF 功能[12,13]。此外,远红外线还能提高血红素加氧酶 1 表达,促进血红蛋白代谢生成胆绿素及胆红素,进而发挥抗氧化作用,减少机体氧化应激及炎症反应[14,15]。本研究发现,对照组患者经干预后,外周血血管内皮相关因子 NO、ET 水平以及炎症因子 CRP 水平均未发生明显改变,而照射组经干预后血清 NO 水平较同组干预前上升,ET 及 CRP 水平较同组干预前下降,与 Chang 等[13]研究结论相似。说明远红外线还可通过非热效应,保护患者血管内皮功能,减轻炎症反应,维持 AVF 功能。此外,本研究对患者经干预后的透析实际血流量进行测量发现,照射组患者血流充足率及 Kt/V 值更高,进一步说明联合连续性远红外线照射在保障 AVF 功能中的价值,这与顾帅帅等[16]研究结论一致。但本研究所纳入的病例数较少,所得结果可能存在偏倚,且干预随访时间不长,并不能确定试验方案在预防 AVT 远期并发症中的价值,加上本研究所有病例均来源于同一所医院,样本代表性较弱,后续可针对以上不足开展进一步研究。

综上,在多磺酸粘多糖乳膏的基础上联合连续性远红外线照射可有效降低老年 DN 透析患者 AVF 穿刺相关并发症发生风险,延缓并发症发生时间,同时改善血管内皮功能,降低炎症反应,确保透析实际血流量。

【参考文献】

[1] Alkhaibary A, Alnefaie N, Alharbi A, *et al*. Intracranial dural arteriovenous fistula: a comprehensive review of the history, management, and future prospective[J]. Acta Neurol Belg, 2023, 123(2): 359-366. DOI: 10.1007/s13760-022-02133-6.

[2] Tayebi P, Dadashi K, Asgharpour M, *et al*. Distal forearm arterio-

venous fistula maturation in diabetic hemodialysis patients[J]. Vasc Endovascular Surg, 2024, 58(6): 611-616. DOI: 10.1177/15385744241251653.

[3] 刘大鹏, 任补元, 张佳佑, 等. 动静脉内瘘重建术与经皮球囊扩张术在老年自体动静脉内瘘狭窄患者中的临床应用[J]. 中华老年多器官疾病杂志, 2021, 20(12): 885-888. DOI: 10.11915/j.issn.1671-5403.2021.12.186.

[4] Huang J, Zheng P, Chen X, *et al*. Effect of far-infrared therapy device on arteriovenous fistula maturation and lifespan in hemodialysis patients: a randomized controlled clinical trial[J]. Front Surg, 2023, 10:1260979. DOI: 10.3389/fsurg.2023.1260979.

[5] Lindhard K, Jensen BL, Pedersen BL, *et al*. Far infrared treatment on the arteriovenous fistula induces changes in sVCAM and sICAM in patients on hemodialysis[J]. Nephrol Dial Transplant, 2023, 38(7): 1752-1760. DOI: 10.1093/ndt/gfad032.

[6] 程改平, 秦伟, 刘婧, 等.《KDOQI慢性肾脏病营养临床实践指南2020更新版》解读[J]. 中国全科医学, 2021, 24(11): 1325-1332. DOI: 10.12114/j.issn.1007-9572.2021.00.166.

[7] Béland MA, Bergeron NAD, Béland M, *et al*. An unusual complication of arteriovenous fistula[J]. Kidney Int, 2024, 105(4): 893. DOI: 10.1016/j.kint.2023.09.023.

[8] Gambuś K, Talar P, Kuždżał B, *et al*. Intrapulmonary arteriovenous fistula: unusual early complication of wedge resection[J]. Ann Thorac Surg, 2022, 113(6): e405-e407. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2021.08.015.

[9] Yang F, Shen C. Sodium Danshensu cream promotes the healing of pressure ulcers in mice through the Nrf2/HO-1 and NF-κB pathways[J]. Pharmaceuticals (Basel), 2022, 15(12): 1548. DOI: 10.3390/ph15121548.

[10] 邱乐乐, 程艳爽, 王建荣, 等. 多磺酸粘多糖乳膏不同用药时机对自体动静脉内瘘穿刺并发症的疗效观察[J]. 中华保健医学杂志, 2020, 22(5): 519-521. DOI: 10.3969/j.issn.1674-3245.2020.05.020.

[11] Hansen EK, Lindhard K, Hansen D. Acute hemodynamic changes during far infrared treatment of the arteriovenous fistula in hemodialysis patients[J]. J Vasc Access, 2023, 24(4): 739-746. DOI: 10.1177/11297298211052864.

[12] Yen CC, Hsu PC, Lin CC, *et al*. Effect of far-infrared radiation therapy on von Willebrand factor in patients with chronic kidney disease[J]. Front Med (Lausanne), 2023, 10: 1268212. DOI: 10.3389/fmed.2023.1268212.

[13] Chang Y. The effect of far infrared radiation therapy on inflammation regulation in lipopolysaccharide-induced peritonitis in mice[J]. SAGE Open Med, 2018, 6: 2050312118798941. DOI: 10.1177/2050312118798941.

[14] Russu E, Arbanasi EM, Chirila TV, *et al*. Therapeutic strategies based on non-ionizing radiation to prevent venous neointimal hyperplasia: the relevance for stenosed arteriovenous fistula, and the role of vascular compliance[J]. Front Cardiovasc Med, 2024, 11: 1356671. DOI: 10.3389/fcvm.2024.1356671.

[15] 谢娟, 黎常利, 杨一楠, 等. 桂龙护瘘涂膜剂促进慢性肾脏病患者自体动静脉内瘘成熟的机制研究[J]. 现代中西医结合杂志, 2021, 30(29): 3202-3205, 3211. DOI: 10.3969/j.issn.1008-8849.2021.29.003.

[16] 顾帅帅, 金艳盛, 何飞, 等. 远红外线理疗联合氯吡格雷对血液透析患者自体动静脉内瘘血栓形成的影响[J]. 国际泌尿系统杂志, 2021, 41(4): 695-698. DOI: 10.3760/cma.j.cn431460-20200106-00032.

(编辑: 温玲玲)