

## 论 著

# 肿瘤性贫血患者腰椎MRI中红细胞生成素诱导的骨髓信号变化的定量和半定量评估\*

周志娇\* 郭飞 刘秀  
杜燕  
南充市中医医院放射影像科  
(四川南充 637000)

**【摘要】目的** 探讨肿瘤性贫血患者重组人促红细胞生成素(rHuEpo)诱导的骨髓信号变化。**方法** 选择2023年1月至2023年12月在我院就诊的肿瘤性贫血患者作为研究对象。按照治疗前血清促红细胞生成素(sEPO)水平分为 $\leq 200$  mU/mL组26例和 $> 200$  mU/mL组20例。所有患者均采用rHuEpo治疗,分别于治疗前、治疗4周、治疗8周时评估患者红细胞(RBC)、血红蛋白(Hb)、网织红细胞(RC)、平均血红蛋白量(MCH)、骨髓与皮下脂肪的信号强度比(SIR)、SIR变化( $\Delta$ SIR)和T1WI序列信号强度分级。**结果** 两组治疗4周、8周时的RBC、Hb、RC、MCH均高于治疗前,治疗4周时的RBC高于治疗8周时,治疗8周时的Hb、RC、MCH均高于治疗4周, $\leq 200$  mU/mL组治疗4周、8周时的RBC高于 $> 200$  mU/mL组,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。两组治疗4周、治疗8周时的腰椎骨髓SIR均低于治疗前, $\leq 200$  mU/mL组治疗4周时的SIR低于 $> 200$  mU/mL组,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ );两组治疗8周时的 $\Delta$ SIR低于治疗4周, $\leq 200$  mU/mL组治疗8周时的 $\Delta$ SIR高于 $> 200$  mU/mL组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。两组治疗4周时的腰椎MRI骨髓信号分级与治疗前差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。治疗4周和8周时的 $\Delta$ SIR与RBC、HB、RC、MCH均呈正相关,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。**结论** rHuEpo治疗能提高肿瘤性贫血患者Hb、RBC、RC和MCH水平,且治疗期间腰椎骨髓MRI信号表现为先降低后升高,可能与骨髓成分转化相关,其详细机制尚需要进一步研究探讨。

**【关键词】** 肿瘤性贫血; 骨髓信号; 腰椎; 制镭人促红细胞生成素

**【中图分类号】** R323.3

**【文献标识码】** A

**【基金项目】** 2022年南充市科技

计划项目(22YJCYJ0059)

**DOI:**10.3969/j.issn.1672-5131.2025.08.048

# Quantitative and Semi Quantitative Evaluation of Bone Marrow Signal Changes Induced by Erythropoietin in Lumbar MRI of Patients with Tumor Anemia\*

ZHOU Zhi-jiao\*, GUO Fei, LIU Xiu, DU Yan.

Department of Radiology, Nanchong Hospital of Traditional Chinese Medicine, Nanchong 637000, Sichuan Province, China

## ABSTRACT

**Objective** To explore the bone marrow signaling changes induced by recombinant human erythropoietin (rHuEpo) in patients with tumor anemia. **Methods** The patients with tumor anemia who visited our hospital from January 2023 to December 2023 were selected as the research subjects. All patients were treated with rHuEpo, and their red blood cell (RBC), hemoglobin (Hb), reticulocyte (RC), mean hemoglobin (MCH), signal intensity ratio (SIR) of bone marrow to subcutaneous fat, SIR variation ( $\Delta$ SIR), and T1WI sequence signal intensity grading were evaluated before treatment, at 4 weeks of treatment, and at 8 weeks of treatment. **Results** The RBC, Hb, RC and MCH of both groups at 4 and 8 weeks of treatment were higher than those before treatment, RBC higher at 4 weeks vs. 8 weeks post-treatment, and the RBC, Hb, RC and MCH at 8 weeks of treatment were higher than those at 4 weeks of treatment, and the RBC of the  $\leq 200$  mU/mL group at 4 and 8 weeks of treatment was higher than that of the  $> 200$  mU/mL group, and the difference was statistically significant ( $P < 0.05$ ). The SIR of lumbar vertebral bone marrow in both groups at 4 weeks and 8 weeks of treatment was lower than that before treatment, and the SIR in the  $\leq 200$  mU/mL group at 4 weeks of treatment was lower than that in the  $> 200$  mU/mL group, and the difference was statistically significant ( $P < 0.05$ ); the  $\Delta$ SIR in both groups at 8 weeks of treatment was lower than that at 4 weeks of treatment, and the  $\Delta$ SIR in the  $\leq 200$  mU/mL group at 8 weeks of treatment was higher than that in the  $> 200$  mU/mL group. The difference was statistically significant ( $P < 0.05$ ). The difference between the lumbar spine MRI bone marrow signal grading at 4 weeks of treatment and pre-treatment was statistically significant in both groups ( $P < 0.05$ ). SIR at 4 and 8 weeks of treatment was positively correlated with RBC, HB, RC, and MCH ( $P < 0.05$ ). **Conclusion** rHuEpo treatment can improve the Hb, RBC, RC and MCH levels in patients with tumour anaemia, and the lumbar spine bone marrow MRI signals showed a decrease and then increase during the treatment period, which may be related to the transformation of the bone marrow components, and its detailed mechanism needs to be explored in further studies.

**Keywords:** Tumor Anemia; Bone Marrow Signaling; Lumbar Vertebrae; Preparation of Human Erythropoietin

腰椎磁共振成像(MRI)能够提供骨髓成分变化的全局视图,对于诊断骨髓病变具有重要意义<sup>[1]</sup>。研究表明,白血病、多发性骨髓瘤和癌症患者的骨髓浸润通常会导致造血骨髓细胞增加,而应用重组人粒细胞集落刺激因子(rHuG-CSF)或重组人促红细胞生成素(rHuEpo)等治疗也可能出现类似的变化<sup>[2]</sup>。在rHuG-CSF和rHuEpo等药物的刺激下,骨髓细胞和组织的增生可在不同的MRI序列中显示出明显的信号变化,尤其是在turbo STIR序列中信号增强,在T1加权脊柱回波序列中信号减弱,在反向梯度回波序列中也可观察到信号增强<sup>[3]</sup>。在血液病如贫血、白血病等或刺激性造血如使用红细胞生成素等药物刺激造血的过程中,骨髓的水分含量相对于脂肪含量会有所增加。当造血刺激超过现有骨髓的造血能力时,骨髓开始将黄色脂肪骨髓转化为红色造血骨髓,这一过程在血液病和刺激性造血中非常常见<sup>[4]</sup>。在健康成人中,椎体内脂肪骨髓可能局部增多,并在信号强度上较椎间盘增强。rHuEpo通过刺激骨髓中的干细胞分化为红细胞前体细胞,促进红细胞生成,这一过程在治疗终末期肾功能衰竭、肿瘤及化疗引发的贫血等情况下起到了至关重要的作用,提高了患者的生活质量<sup>[5]</sup>。红细胞生成素的主要靶器官是骨髓,因此研究其对肿瘤性贫血患者腰椎骨髓MRI信号的影响具有重要临床意义。本研究旨在对肿瘤性贫血患者在接受rHuEpo治疗期间腰椎骨髓MRI信号强度变化进行定量和半定量评估,为临床应用红细胞生成素治疗提供影像学依据。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 选择2023年1月至2023年12月在我院就诊的肿瘤性贫血患者作为研究对象。共纳入46例患者,其中男27例,女19例;年龄43~72岁,平均年龄(57.30 $\pm$ 6.97);KPS评分:60分7例、70分13例、80分11例、90分15例;贫血程度:轻度20例,中度16例,重度10例;肿瘤类型:胃肠道肿瘤16例、肺癌14例、肝癌8例、乳腺癌8例。按照治疗前血清促红细胞生成素(sEPO)水平分为 $\leq 200$  mU/mL组26例和 $> 200$  mU/mL组20例。研究经南充市中医医院医学伦理委员会批准。

纳入标准:(1)所有患者均经过病理诊断为恶性肿瘤,并符合以下贫血的标准:男性

\*第一作者 周志娇,女,主治医师,主要研究方向:影像CT/MRI诊断。E-mail: zzhiaokiry@163.com

【通讯作者】周志娇

血红蛋白(Hb)<120g/L, 女性Hb<110g/L; (2)年龄>18岁, 性别不限; (3)预计生存时间>6月; (4)检查前4周内; (5)患者对研究知情并签署知情同意。排除标准: (1)合并未控制的高血压; (2)合并多发性骨髓瘤、血小板增多症、镰状细胞性贫血、再生障碍性贫血等其他类型贫血; (3)存在未能控制的严重心脑血管疾病; (4)患者有药物过敏史, 特别是与研究药物相关的过敏反应; (5)有精神疾病或严重认知功能障碍, 无法理解研究内容; (6)妊娠期或哺乳期女性。

**1.2 治疗方法** 患者皮下注射rHuEPO(怡宝, 注射用重组人促红素, 上海凯茂生物医药有限公司, 国药准字S19991024, 规格: 3000 IU)皮下注射, 初始剂量100~150 IU/kg/周, 每周注射3次, 2次注射时间间隔不低于24 h, 根据Hb改善程度调节rHuEPO用量, 患者Hb<110g/L后剂量减少1/3维持用药, 以4周为一观察单位进行疗效评价。

**1.3 MRI检查** 采用西门子公司3.0T磁共振仪进行扫描, 均行腰椎横断面T1WI和T2WI扫描, T1WI序列参数: 重复时间(TR)=300 ms, 回波时间(TE)=11 ms, 层厚: 5 mm, 层间距: 1 mm, 矩阵: 192×44, 激励次数: 1, FOV=200 mm×200 mm。在T1WI序列上对感兴趣区(ROI)进行勾画, 并记录感兴趣区信号强度值(SI1), 同时测量同层面皮下脂肪的信号强度(SI2), 勾画ROI时避开骨皮质及可见的血管结构, ROI面积约50mm<sup>2</sup>, 测量3次取平均值。

**1.4 观察指标** 于治疗前、治疗4周、治疗8周时进行评估。(1)实验室指标: 采用采用Sysmex公司XN-3000自动血液分析仪进行全血计数, 测定红细胞(RBC)、血红蛋白(Hb)、平均血红蛋白量(MCH), 通过BD公司FACSCanto II流式细胞仪进行网织红细胞(RC)计数。(2)MRI定量指标: 计算骨髓与皮下脂肪的信号强度比(SIR)=SI1/SI2。并计算不同治疗时间与治疗前的SIR变化(ΔSIR), 变化率=(治疗后SIR-治疗前SIR)/治疗前SIR×100%。(3)半定量评估: 根据同层面脂肪、肌肉量的T1WI序列信号强度进行评估, 等信号: 骨髓T1WI信号强度与同层面皮下脂肪信号强度类似, 低信号: 骨髓T1WI信号强度低于皮下脂肪信号但高于同层面肌肉信号强度, 极低信号: 骨髓T1WI信号强度低于同层面肌肉信号强度。

**1.5 统计学方法** 采用SPSS 26.0软件进行数据分析, 计量资料以均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示, 两组采用独立t检验, 多个时间点采用重复测量方差分析, 组间采用LSD-t检验; 采用Pearson相关性系数检验MRI定量与实验室指标的相关性, P<0.05为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 两组治疗前后实验室指标比较** 两组治疗4周、8周时的RBC、Hb、RC、MCH均高于治疗前, 治疗4周时的RBC高于治疗8周时, 治疗8周时的Hb、RC、MCH均高于治疗4周, ≤200 mU/mL组治疗4周、8周时的RBC高于>200 mU/mL组, 差异均有统计学意义(P<0.05)。见表1。

表1 两组治疗前后实验室指标比较

时间	RBC(×10 <sup>12</sup> /L)		Hb(g/L)		RC(%)	
	≤200 mU/mL组(n=26)	>200 mU/mL组(n=20)	≤200 mU/mL组(n=26)	>200 mU/mL组(n=20)	≤200 mU/mL组(n=26)	>200 mU/mL组(n=20)
治疗前	2.94±0.33	2.97±0.36	84.26±11.85	85.61±11.27	0.82±0.10	0.84±0.13
治疗4周	4.36±0.48 <sup>①③</sup>	4.09±0.42 <sup>①</sup>	101.69±17.04 <sup>①</sup>	100.52±16.16 <sup>①</sup>	1.05±0.13 <sup>①</sup>	1.01±0.17 <sup>①</sup>
治疗8周	3.52±0.32 <sup>①②③</sup>	3.32±0.21 <sup>①②</sup>	119.22±24.75 <sup>①②</sup>	117.66±23.45 <sup>①②</sup>	1.19±0.22 <sup>①②</sup>	1.12±0.26 <sup>①②</sup>
F	90.014	56.264	22.843	16.452	36.151	10.529
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

### 续表1

MCH(pg)		
	≤200 mU/mL组(n=26)	>200 mU/mL组(n=20)
	19.35±3.97	21.15±4.19
	26.44±3.47 <sup>①</sup>	24.58±3.21 <sup>①</sup>
	29.75±5.32 <sup>①②</sup>	28.34±5.27 <sup>①②</sup>
	39.248	13.948
	<0.001	<0.001

注: 与治疗前相比较, <sup>①</sup>P<0.05; 与治疗4周时相比较, <sup>②</sup>P<0.05; 与>200 mU/mL组比, <sup>③</sup>P<0.05。

**2.2 两组治疗前后MRI腰椎骨髓信号比较** 两组治疗4周、治疗8周时的腰椎骨髓SIR均低于治疗前, ≤200 mU/mL组治疗4周时的SIR低于>200 mU/mL组, 差异均有统计学意义(P<0.05); 两组治疗8周时的ΔSIR低于治疗4周, ≤200 mU/mL组治疗8周时的ΔSIR高于>200 mU/mL组, 差异有统计学意义(P<0.05)。见表2。

**2.3 两组治疗前后MRI腰椎信号的半定量分析** 两组治疗4周时的腰椎MRI骨髓信号分级与治疗前差异有统计学意义(P<0.05)。见表3。MRI腰椎信号半定量评估: 治疗前低信号(见图1), 骨髓T1WI信号强度低于皮下脂肪信号但高于同层面肌肉信号强度; 治疗4周极低信号(见图2), 骨髓T1WI信号强度部分低于同层面肌肉信号强度。

表2 两组治疗前后MRI腰椎骨髓信号比较

时间	SIR		ΔSIR	
	≤200 mU/mL组(n=26)	>200 mU/mL组(n=20)	≤200 mU/mL组(n=26)	>200 mU/mL组(n=20)
治疗前	0.52±0.04	0.54±0.06	-	-
治疗4周	0.38±0.05 <sup>①③</sup>	0.45±0.06 <sup>①</sup>	0.14±0.05	0.09±0.03 <sup>③</sup>
治疗8周	0.47±0.07 <sup>①</sup>	0.51±0.08 <sup>①</sup>	0.09±0.03	0.06±0.02 <sup>③</sup>
F/t	89.818	19.559	10.546	6.537
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注: 与治疗前相比较, <sup>①</sup>P<0.05; 与治疗4周时相比较, <sup>②</sup>P<0.05; 与>200 mU/mL组比, <sup>③</sup>P<0.05。

表3 两组治疗前后MRI腰椎信号的半定量分析[n(%)]

时间	≤200 mU/mL组(n=26)			>200 mU/mL组(n=20)		
	等信号	低信号	极低信号	等信号	低信号	极低信号
治疗前	0	13	12	0	11	9
治疗4周 <sup>①</sup>	0	4	22	0	4	16
治疗8周 <sup>①②</sup>	0	9	17	0	6	14
Z≤200 mU/mL组治疗前 vs. 治疗4周、P≤200 mU/mL组治疗前 vs. 治疗8周	0.119、0.906					
Z≤200 mU/mL组治疗前 vs. 治疗8周、P≤200 mU/mL组治疗前 vs. 治疗8周	2.734、0.006					
Z≤200 mU/mL组治疗4周 vs. 治疗8周、P≤200 mU/mL组治疗4周 vs. 治疗8周	1.230、0.219					
Z>200 mU/mL组治疗前 vs. 治疗4周、P>200 mU/mL组治疗前 vs. 治疗4周	2.241、0.025					
Z>200 mU/mL组治疗前 vs. 治疗8周、P>200 mU/mL组治疗前 vs. 治疗8周	1.563、0.118					
Z>200 mU/mL组治疗4周 vs. 治疗8周、P>200 mU/mL组治疗4周 vs. 治疗8周	0.703、0.482					
治疗前Z≤200 mU/mL组、P≤200 mU/mL组 vs. Z>200 mU/mL组、P>200 mU/mL组	0.185、0.853					
治疗4周Z≤200 mU/mL组、P≤200 mU/mL组 vs. Z>200 mU/mL组、P>200 mU/mL组	0.388、0.698					
治疗8周Z≤200 mU/mL组、P≤200 mU/mL组 vs. Z>200 mU/mL组、P>200 mU/mL组	0.314、0.754					

## 2.4 ΔSIR与实验室指标的相关性 治疗4周、8周时的ΔSIR与RBC、HB、RC、MCH均呈正相关(P<0.05)。见表4。

表4 ΔSIR与治疗实验室参数的相关性

实验室参数	第4周ΔSIR		第8周ΔSIR	
	r	P	r	P
RBC(×10 <sup>12</sup> /L)	0.542	<0.05	0.303	<0.05
HB(g/L)	0.446	<0.05	0.287	<0.05
RC(%)	0.518	<0.05	0.346	<0.05
MCH(pg)	0.480	<0.05	0.299	<0.05

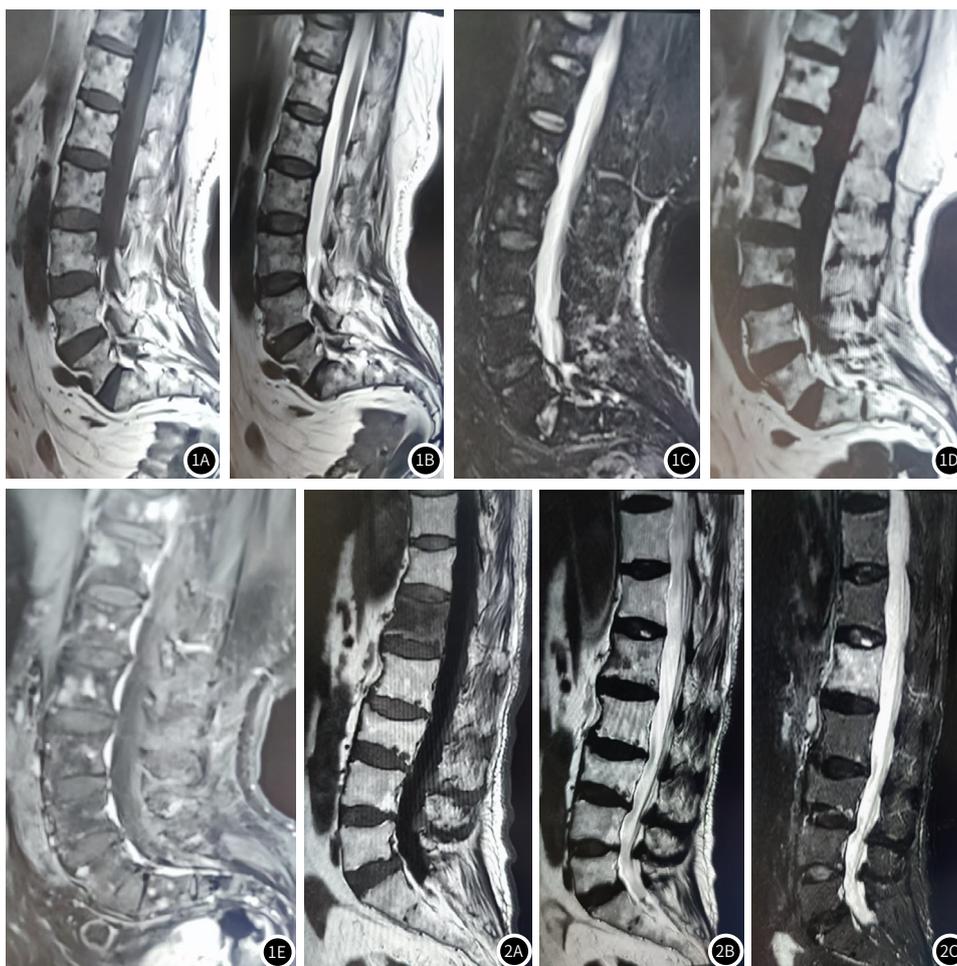


图1A~图1B 治疗前, 女性, 75岁, 左肺上叶肿瘤, 血常规: 血红蛋白 67g/L。图1: T1WI(1A)、T2WI(1B)序列中, 腰椎呈稍高信号, 内见斑点状信号减低影, STIR(1C)序列中, 腰椎见多个斑点状高信号。T1-dixon-P2-F(1D)、T1-dixon-P2-W(1E)序列中, 患者腰椎呈不均匀高低混杂信号。腰椎骨髓异常信号, 提示肿瘤骨转移。骨髓T1WI信号强度低于皮下脂肪信号, 高于同层面肌肉信号强度。

图2A~图2C 治疗4周, 女性, 72岁, 左肺上叶肿瘤, Hb 91g/L, T1WI(2A)、T2WI(2B)序列中, 腰椎呈稍高、低混杂信号, STIR(2C)序列中, 腰椎见散在斑点状高信号。腰椎骨髓T1WI信号强度部分低于同层面肌肉信号强度。

## 3 讨论

贫血是恶性肿瘤患者常见的症状之一,发生机制复杂,主要包括骨髓病性贫血、造血功能减退、红细胞过度破坏、失血、感染、营养不良以及治疗因素(如放疗、化疗等引起的骨髓抑制)等<sup>[6]</sup>。根据欧洲癌症贫血调查(ECAS)<sup>[7]</sup>报告,首次接受抗癌治疗的实体瘤或血液肿瘤患者中,贫血的发生率超过50%,而在接受化疗的癌症患者中,贫血的发生率高达65%。肿瘤性贫血的出现使得患者Hb降低,从而导致组织氧合不足,进而影响肿瘤对放化疗的敏感性。这不仅会降低患者生活质量,还可能缩短其生存时间,严重影响整体预后。有研究<sup>[8]</sup>指出,在恶性肿瘤诊断后的3年内,贫血患者的死亡风险是非贫血患者2倍,因此,早期抗贫血治疗对改善患者预后和生活质量具有重要意义。目前,肿瘤性贫血的治疗策略包括输血、红细胞生成刺激剂和铁剂等。然而,输血虽然能够快速缓解贫血症状,但它增加了过敏反应、感染传播以及器官损伤的风险,且对肿瘤患者而言,输血可能还会影响免疫系统,促进肿瘤细胞的生长和扩散<sup>[9]</sup>。相较而言,铁剂的单独补充虽然在一定程度上有效,但其起效较慢,难以迅速改善肿瘤患者的贫血状态。因此,如何选择合适的治疗方法,以及如何在安全的前提下快速有效地纠正贫血,仍然是肿瘤性贫血治疗中的一个重要难点。

rHuEpo是一种通过基因重组技术生产的药物,能够特异性地刺激骨髓造血细胞,从而改善肿瘤相关贫血的症状<sup>[10]</sup>。肿瘤的炎症状态、免疫抑制以及化疗药物的使用等因素会导致内源性促红细胞生成素(EPO)的合成不足,这一缺乏在肿瘤性贫血的发生中起着关键作用。既往研究显示,贫血可降低裸鼠体内肿瘤的放射敏感性,而rHuEpo能够纠正小鼠的肿瘤性贫血,改善肿瘤组织的氧化状态,从而提高其放射敏感性<sup>[11]</sup>。此外,临床研究<sup>[12-13]</sup>也发现贫血与肿瘤患者的生活质量下降密切相关,即便是轻度至中度的贫血,也会显著影响患者的身体功能和总体健康状况,rHuEpo通过提高癌症患者的血比容,显著改善其生活质量、日常活动能力及总体健康状况。本研究结果显示,治疗4周和8周后,患者的Hb、RBC、RC、MCH均较治疗前显著升高,表明rHuEpo在提高红细胞生成、缓解肿瘤性贫血方面具有持续而显著的效果,提示其在改善肿瘤性贫血患者贫血状态的同时,可能对肿瘤治疗的综合效果产生积极影响。而 $\leq 200$  mU/mL组治疗4周和8周时的RBC均显著高于 $> 200$  mU/mL组,说明低sEPO水平患者对rHuEpo治疗反应更为敏感,可能提示rHuEpo在这些患者中能够更有效地促进红细胞生成,缓解贫血。

rHuEpo的主要靶器官是骨髓,其机制通过促进骨髓中红系造血祖细胞的增殖、与分化,促使红细胞从骨髓释放进入血液,进而转化成成熟红细胞<sup>[14]</sup>。成人的造血性骨髓主要分布于脊柱、肋骨、胸骨、髌骨等扁平骨的骨髓腔内,其中含有大量的造血干细胞,负责生成各类血细胞<sup>[15]</sup>。MRI作为一种无创、可重复的成像技术,已成为评估骨髓状况的重要工具<sup>[16-17]</sup>。MRI成像依赖于水中氢质子的磁共振特性,通过调整TR和TE,可以获得不同的图像。在T1加权图像中,脂肪中的氢质子代谢活跃,导致其T1弛豫时间较短,呈现高信号;而骨髓缺乏脂肪成分,含水量较高,因此在T1加权成像上呈现低信号<sup>[18]</sup>。然而,目前的研究尚未充分探讨肿瘤性贫血对骨髓信号的具体影响。本研究结果显示,两组治疗4周时的腰椎MRI骨髓信号分级与治疗前差异有统计学意义,由低信号向极低信号变化,可能与治疗引起的骨髓组织水合作用、血流量变化或代谢状态改变有关。rHuEpo治疗可以改善局部血液循环,减轻炎症,导致骨髓信号改变,另外药物作用还能通过影响骨髓脂肪成分及水合作用,进一步促使MRI信号从低信号转变为极低信号。rHuEpo通过刺激骨髓中的红系造血祖细胞分化为前红细胞和早期红细胞,从而促进红细胞的生成,骨髓涂片检查中可见到红系细胞的增殖和分化过程,具体表现为幼红细胞和晚幼红细胞的增多,这一现象反映了rHuEpo促进造血功能恢复的作用。然而,如果rHuEpo的作用超过现有骨髓的造血能力,是否会导致黄骨髓向红骨髓转化,这一问题仍不明确<sup>[19]</sup>。

研究<sup>[20]</sup>表明,rHuEpo治疗后,促红细胞生长因子可诱导骨髓增生,导致骨髓内红系祖细胞弥漫性增加。本研究结果显示,

治疗4周时,患者腰椎骨髓T1WI信号强度SIR显著降低,而治疗8周时,信号强度相较4周有所回升,但仍低于治疗前的水平,且与治疗前实验室指标的相关性分析表明,治疗4周时的相关性更强。SIR是骨髓信号与皮下脂肪信号之比,SIR值越高,骨髓信号强度越强。本研究发现治疗4周时,SIR较治疗前明显降低, $\leq 200$  mU/mL组治疗8周时的 $\Delta$ SIR显著高于 $> 200$  mU/mL组,表明低sEPO水平的患者在骨髓信号变化方面表现出更为显著的改善,提示骨髓信号强度的减弱可能与黄骨髓向红骨髓的转化相关,这一变化与实验室检查中Hb增加表现出一定的关联。此外,既往针对肾衰贫血相关贫血的研究<sup>[21]</sup>发现,接受rHuG-CSF治疗后,腰椎骨髓在T1WI成像中信号强度发生了显著变化。针对肿瘤性贫血患者的研究<sup>[22]</sup>也显示,接受rHuEpo治疗后,股骨骨髓的T1WI信号强度变化与本研究结果类似。这些结果提示,rHuEpo治疗过程中,腰椎骨髓的MRI定量和定性分析发生了显著变化,表现为信号强度先降低后回升,提示在rHuEpo治疗初期,可能存在黄骨髓向红骨髓的转化。

综上所述,rHuEpo治疗肿瘤性贫血能够有效改善患者的贫血症状,并显著提高Hb、RBC、RC和MCH水平,腰椎MRI骨髓信号在治疗过程中表现为先降低后升高的趋势,且改善幅度与实验室指标呈正相关,定量和半定量评估方法通过精准监测腰椎MRI骨髓信号变化,为肿瘤性贫血患者治疗效果提供了客观的影像学依据,有助于更全面地评估rHuEpo治疗的疗效和骨髓功能恢复进程。

## 参考文献

- [1] 陈照微,陈万军,杨婷,等.磁共振成像定量评估不同骨密度正常成年人脊椎骨髓脂肪含量的价值研究[J].中国医学装备,2023,20(11):41-44.
- [2] 郑雅心,亢俊楠,陈泽慧,等.骨髓基质细胞通过TSP-1/CD36通路对急性髓系白血病细胞影响的初步研究[J].中国肿瘤临床,2023,50(4):167-171.
- [3] 丁煜堃,祝翠玲,张晓东.MRI质子密度脂肪分数评估限时饮食对高脂饮食诱导肥胖大鼠骨髓脂肪的影响[J].中华放射学杂志,2024,58(1):79-84.
- [4] 丁煜堃,祝翠玲,张晓东.MRI质子密度脂肪分数评估限时饮食对高脂饮食诱导肥胖大鼠骨髓脂肪的影响[J].中华放射学杂志,2024,58(1):79-84.
- [5] 栗杰,秘晋昌,邱录贵,等.重组人促红细胞生成素联合蔗糖铁治疗消化道肿瘤相关性贫血临床效果研究[J].临床军医杂志,2021,49(7):824-825,827.
- [6] Ionică M, Biris M, Gorun F, et al. Predictive role of pre-operative anemia in early recurrence of endometrial cancer: a single-center study in Romania [J]. J Clin Med, 2024, 13(3): 794.
- [7] Zhou C, Ma H, Wang G, et al. Association between different types of preoperative anemia and tumor characteristics, systemic inflammation, and survival in colorectal cancer [J]. Peer J, 2023, 11: e16293.
- [8] Zhang X, Huang JX, Tang M, et al. A comprehensive analysis of the association between anemia and systemic inflammation in older patients with cancer [J]. Support Care Cancer, 2023, 32(1): 39.
- [9] Zhao L, Liu Y, Wang T, et al. Analysis of risk factors for preoperative anemia in patients with colorectal cancer [J]. Asian J Surg, 2024, 47(2): 1077-1078.
- [10] Bregolat NF, Ruetten M, Da Silva MC, et al. Iron- and erythropoietin-resistant anemia in a spontaneous breast cancer mouse model [J]. Haematologica, 2022, 107(10): 2454-2465.
- [11] Shujaa'Edin HY, Al-Haj NA, Rasheed A, et al. Recombinant human erythropoietin reduces viability of MCF-7 breast cancer cells from 3D culture without caspase activation [J]. Saudi J Biol Sci, 2021, 28(4): 2549-2557.
- [12] Bhat K, Sandler K, Duhachek-Muggy S, et al. Serum erythropoietin levels, breast cancer and breast cancer-initiating cells [J]. Breast Cancer Res, 2019, 21(1): 17.
- [13] Vázquez-Mellado MJ, Cortés-Ballinas LG, Blanco-Flores IC, et al. Erythropoietin promotes expression of survivin via STAT3 activation and reduces sensitivity to cisplatin in cervical cancer cells [J]. Oncol Rep, 2019, 41(2): 1333-1341.
- [14] 郭卫春,李军,熊敏,等.促红细胞生成素动员骨髓间充质干细胞治疗脊髓损伤的作用机制研究进展[J].中华实验外科杂志,2016,33(1):278-280.
- [15] 余化龙,李军,何宁,等.促红细胞生成素在脑红蛋白基因修饰的骨髓间充质干细胞对大鼠脊髓损伤部位迁移中的作用[J].中华实验外科杂志,2016,33(1):185-187.
- [16] 谢田,黄聪,王宇军.椎管内副神经节瘤的MRI、病理分析及鉴别诊断[J].罕少疾病杂志,2022,29(1):80-82.
- [17] 徐永立,赵小华,郝金华.腰椎终板形态与椎间盘退变相关性的MRI观察[J].罕少疾病杂志,2018,25(2):47-49.
- [18] 古雅雯,吴颖,颜端馨,等.磁共振成像水脂分离技术在多发性骨髓瘤患者中的应用研究[J].中国实验血液学杂志,2022,30(1):183-188.
- [19] 王凤丹,周道斌,李淑兰,等.重组人红细胞生成素对人多发性骨髓瘤患者铁调节蛋白Hepcidin mRNA表达的影响[J].中国实验血液学杂志,2011,19(2):390-394.
- [20] 林海泓,肖萍,朱军,等.重组人促红细胞生成素对骨髓间充质干细胞增殖及分泌功能的影响[J].复旦学报(医学版),2007,34(5):674-677,687.
- [21] 冉来虎,孟叶彩,王业莉,等.罗沙司他重组人促红细胞生成素联合多糖铁复合物治疗非透析3~5期慢性肾脏病伴肾性贫血的临床疗效对比[J].中国药物与临床,2023,23(3):164-168.
- [22] 邓燕明,王巍,张华,等.重组人红细胞生成素治疗癌性贫血的临床观察[J].南方医科大学学报,2007,27(7):1102-1103.

(收稿日期: 2025-01-15)

(校对编辑: 赵望淇、江丽华)