

中图分类号: R969.3 文献标志码: A 文章编号: 1006-4931(2026)10-0126-05  
doi:10.3969/j.issn.1006-4931.2026.10.026



# 基于 AHM 赋权法联合 TOPSIS 法的注射用重组人脑利钠肽用药合理性评价\*

赵泓<sup>1</sup>, 吕鹏<sup>1</sup>, 李宇<sup>1</sup>, 王运红<sup>1</sup>, 游如旭<sup>2</sup>, 黄怡菲<sup>2Δ</sup>

(1. 安徽省阜阳市太和县人民医院·皖南医科大学附属太和医院, 安徽 阜阳 236600; 2. 华中科技大学同济医学院附属协和医院, 湖北 武汉 430022)

**摘要:**目的 促进临床合理使用注射用重组人脑利钠肽(rh-BNP)。方法 以注射用 rh-BNP 药品说明书为基础,参考相关诊疗指南,结合医院临床用药实际情况,建立该药的药物利用评价(DUE)标准。采用属性层次模型(AHM)赋权法对 DUE 标准的指标进行赋权,采用逼近理想解排序(TOPSIS)法对医院信息系统(HIS)随机抽取的 329 份 2023 年 4 月至 2024 年 6 月以注射用 rh-BNP 治疗的住院患者病历进行用药合理性评价。结果 共形成 11 个评价指标,其中相对权重系数排名前 3 的依次为用法用量、用药监护和疗程,分别为 0.073 0,0.072 1,0.070 2。评价为用药合理[最优方案相对接近度( $C_i$ ) $\geq 0.8$ ]、基本合理( $0.6 \leq C_i < 0.8$ )、不合理( $C_i < 0.6$ )的分别有 56 例(17.02%)、215 例(65.35%)、58 例(17.60%);用药不合理率排名前 3 的依次为用法用量、辅助检查及实验室检查和用药监护。结论 基于 AHM 赋权法联合 TOPSIS 法能很好地反映注射用 rh-BNP 用药合理性,且结果直观、准确,可为优化其临床用药提供借鉴。

**关键词:**注射用重组人脑利钠肽;药物利用评价标准;属性层次模型赋权法;逼近理想解排序法

## Evaluation of Medication Rationality of Recombinant Human Brain Natriuretic Peptide for Injection Based on AHM Weighting Method Combined with TOPSIS Method

ZHAO Hong<sup>1</sup>, LYU Peng<sup>1</sup>, LI Yu<sup>1</sup>, WANG Yunhong<sup>1</sup>, YOU Ruxu<sup>2</sup>, HUANG Yifei<sup>2Δ</sup>

(1. Taihe County People's Hospital of Anhui Province·Taihe Hospital of Wannan Medical University, Fuyang, Anhui 236600, China; 2. Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430022, China)

**Abstract: Objective** To promote the rational clinical use of Recombinant Human Brain Natriuretic Peptide (rh-BNP) for injection. **Methods** The drug utilization evaluation (DUE) criteria for this drug were established based on the package insert of rh-BNP for injection, referring to relevant diagnosis and treatment guidelines, and combining with the actual clinical drug use situation in the hospital. The attribute hierarchy model (AHM) weighting method was used to assign weights to the indicators of the DUE criteria, and the technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) method was used to evaluate the medication rationality of 329 inpatient medical records of patients treated with rh-BNP for injection randomly selected from the hospital information system (HIS) from April 2023 to June 2024. **Results** A total of 11 evaluation indicators were formed, among which the top 3 in relative weight coefficient were dosage and administration, medication monitoring, and treatment course, with weight coefficients of 0.073 0, 0.072 1, 0.070 2, respectively. The numbers of cases with relative closeness ( $C_i$ )  $\geq 0.8$  (rational),  $0.6 \leq C_i < 0.8$  (basically rational), and  $C_i < 0.6$  (irrational) were 56 (17.02%), 215 (65.35%), and 58 (17.60%), respectively; the top 3 irrational drug use rates were dosage and administration, auxiliary examination and laboratory examination, and medication monitoring. **Conclusion** The method based on AHM weighting combined with TOPSIS method can well reflect the rationality of rh-BNP for injection use, and the results are intuitive and accurate, which can provide reference for optimizing its clinical drug use.

**Key words:** Recombinant Human Brain Natriuretic Peptide for injection; drug utilization evaluation; attribute hierarchy model weighting method; technique for order preference by similarity to ideal solution method

重组人脑利钠肽(rh-BNP)作为新型抗心力衰竭药物,可有效降低心脏负荷,并迅速减轻心力衰竭患者的呼吸困难程度和全身症状<sup>[1-2]</sup>。有研究指出,rh-BNP

可显著改善心功能,降低冠脉搭桥术后心房颤动的发生,且不增加室性心律失常、低血压和死亡的风险<sup>[3-4]</sup>。随着注射用 rh-BNP 在心力衰竭治疗中的广泛应用,其

\* 基金项目:国家卫生健康委医院管理研究所医疗质量(循证)管理研究项目[YLZLXZ24G047];安徽省阜阳市重点研究与开发计划项目临床医学研究转化专项项目[FK20245523]。

第一作者:赵泓,男,大学本科,副主任药师,研究方向为医院药学及药物利用评价,(电子信箱)657932916@qq.com。

Δ通信作者:黄怡菲,女,博士研究生,副主任药师,研究方向为临床药学及临床药理学,(电子信箱)yf\_huang2012@163.com。

用药合理性问题日益突出。目前尚缺乏rh-BNP的药物利用评价(DUE)标准<sup>[5]</sup>。基于此,本研究中基于注射用rh-BNP的药品说明书;参考相关诊疗指南等构建注射用rh-BNP的DUE标准,并通过属性层次模型(AHM)赋权法联合逼近理想解排序(TOPSIS)法综合评价注射用rh-BNP的用药合理性,为促进临床合理用药提供参考。现报道如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 临床资料

通过医院信息系统(HIS)随机抽取太和县人民医院(以下简称医院)2023年4月至2024年6月以注射用rh-BNP治疗的住院患者病历329份。本研究经医院医学伦理委员会批准(审批号:论文伦批2024-55)。

### 1.2 方法

DUE标准建立:参考注射用rh-BNP药品说明书及心力衰竭相关诊疗指南<sup>[6-9]</sup>中rh-BNP DUE标准相关内容,结合医院临床用药实际情况,经心血管内科、冠状动脉粥样硬化性心脏病(以下简称冠心病)监护病区及导管室等临床专家及心内科临床药师分析,建立注射用rh-BNP DUE标准。共11个指标,相应标准见表1(0为合理,计10分;1为不合理,计0分。1 mmHg = 0.133 kPa。ADR为药品不良反应,NYHA为美国纽约心脏病学会,ACEI为血管紧张素转化酶抑制剂)。

AHM赋权法确定评价指标的相对权重<sup>[10-12]</sup>:基于AHM赋权法,采用Excel 2010软件对11个评价指标逐

一评判并赋值,且满足 $\mu_{ji} + \mu_{ij} = 1 (\mu_{ji} \geq 0, \mu_{ij} \geq 0)$ ,其中 $\mu_{ij}$ 表示第*i*个指标相对于第*j*个指标的重要程度( $i \neq k$ )。 $g(x)$ 为分段函数,见公式(1); $Q_i$ 表示*Q*为变量*i*的函数集合见公式(2);公式(3)可评估矩阵一致性; $W_j$ 表示第*j*个指标的权重系数。

$$g(x) = \begin{cases} 1, & x > 0.5 \\ 0, & x \leq 0.5 \end{cases} \quad (1)$$

$$Q_i \{j : g(\mu_{ij}) = 1, 1 \leq j \leq n\} \quad (2)$$

$$g(\mu_{ik}) = g\left[\sum_{j \in n} g(u_{jk})\right] \geq 0, 1 \leq k \leq n \quad (3)$$

$$W_j = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{j=1}^m \mu_{ij} \quad (4)$$

TOPSIS法评价注射用rh-BNP用药合理性<sup>[13-14]</sup>:依据注射用rh-BNP DUE标准评价结果,构建各病历合理性评价矩阵,通过对数据进行标准化处理,得到2个极限状态下的最优方案和最劣方案,即正理想解( $Z_{ij}^+$ )和负理想解( $Z_{ij}^-$ )。根据公式(5)和公式(6),计算各评价指标与 $Z_{ij}^+$ 及 $Z_{ij}^-$ 的距离( $D_i^+$ 和 $D_i^-$ );再根据公式(7)计算各指标 $Z_{ij}^+$ 的相对接近度( $C_i$ ), $C_i \geq 0.8, 0.6 \sim < 0.8, < 0.6$ 分别代表用药合理、基本合理、不合理。

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m [W_j(Z_{ij} - Z_{ij}^+)]^2} \quad (5)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m [W_j(Z_{ij} - Z_{ij}^-)]^2} \quad (6)$$

$$C_i = D_i^- / (D_i^+ + D_i^-) \quad (7)$$

表1 注射用rh-BNP DUE标准

Table 1 DUE criteria for rh-BNP for injection

评价指标	评价依据	评价结果
适应症	休息或轻微活动时呼吸困难、急性失代偿心力衰竭患者,且NYHA心功能分级>II级	0:符合;1:不符合
禁忌证	1)心源性休克或收缩压<90 mmHg;2)被怀疑有或已知有低心脏充盈压;3)严重瓣膜狭窄、限制性或阻塞性心肌病、心包炎等不能使用扩张血管药物	0:均不符合;1:不符合任1项
辅助检查及实验室检查	定期检测血清肌酐值	0:符合;1:不符合
用法用量	1)给药途径:静脉推注负荷剂量后,泵入维持剂量;2)常规给药剂量:按照患者体质量,予1.5 μg/kg负荷剂量后,持续泵入滴注24 h(滴注速度为0.0075 μg/(kg·min));3)剂量范围:以1.5~2.0 μg/kg为负荷剂量、以0.0075~0.01 μg/(kg·min)为维持泵入剂量速率(推荐起始滴注速率为0.0075 μg/(kg·min));4)静脉用药液的制备:按照患者体质量,准确抽取给予静脉冲击量的rh-BNP药液体积,换算0.0075 μg/(kg·min)的静脉滴注速率;5)药液稳定性:必须在24 h内使用溶解后的药液	0:均符合;1:不符合任1项
疗程	一般为3 d,不超过7 d	0:符合;1:不符合
配伍禁忌	1)严禁与肝素钠、胰岛素、呋塞米等在同1条静脉导管中同时输注;2)严禁同时与含有亚硫酸氢钠的药物在同1条输液管中使用;3)禁止采用肝素涂层的导管输注	0:均符合;1:不符合任1项
特殊人群	1)哺乳期妇女慎用;2)密切监测肾功能	0:均符合;1:不符合任1项
用药监护	1)用药期间密切检测患者血压波动;2)如在给药期间患者发生低血压,则需降低剂量或停止输注,并通过使用升压药物、改变体位等措施恢复血压;3)该药导致低血压的持续时间为平均2.2 h,再次给药前,以观察期过渡;4)给药期间检测血清肌酐指标	0:均符合;1:不符合任1项
药物相互作用	与ACEI类药物联合使用时,会提高患者发生症状性低血压的几率	0:符合;1:不符合
临床疗效	1)胸痛、胸闷症状改善;2)心功能分级提升(NYHA III或IV级提升至NYHA II级或以上)	0:均符合;1:不符合任1项
ADR	用药过程中密切监测ADR,低血压为最常见,头痛、恶心、血清肌酐升高等为其他ADR表现,一旦发生,应及时纠正并上报	0:符合;1:不符合

## 2 结果

### 2.1 患者基本信息

共纳入病历329份(涉及患者329例),其中,患者平均年龄为(71.79 ± 12.71)岁,平均住院天数为(9.15 ± 4.00)d,用药科室以心血管内科居多。详见表2。

表2 纳入患者的一般资料(n = 329)

Tab. 2 General data of enrolled patients[case(%), n = 329]

项目	分布[例(%)]
年龄	≥ 65岁 250(75.99)
	< 65岁 79(24.01)
性别	男 164(49.85)
	女 165(50.15)
住院天数	≥ 7 d 225(68.39)
	< 7 d 104(31.61)
用药科室	心血管内科 274(83.28)
	肾脏内科 17(5.17)
	呼吸与危重症医学科 15(4.56)
	其他 23(6.99)

### 2.2 各评价指标评价结果的相对权重系数

11项评价指标相对权重系数排名前3的依次为用法用量、用药监护和疗程;单项指标不合理率排名前3的依次为用法用量、辅助检查及实验室检查和用药监护。详见表3。

表3 各评价指标评价结果及相对权重系数(n = 329)

Tab. 3 Each evaluation indicator DUE criteria scoring results and relative weight coefficients(n = 329)

评价指标	合理	不合理	总评分 (分)	相对权重 系数	Z <sup>+</sup>	Z <sup>-</sup>
	[例(%)]	[例(%)]				
适应症	306(93.01)	23(6.99)	3060	0.0699	0.1047	0
禁忌证	313(95.14)	16(4.86)	3130	0.0528	0.1056	0
辅助检查及实验室检查	258(78.42)	71(21.58)	2580	0.0377	0.0844	0
用法用量	244(74.16)	85(25.84)	2440	0.0730	0.0926	0
疗程	312(94.83)	17(5.17)	3120	0.0702	0.0891	0
配伍禁忌	329(100.00)	0(0)	3290	0.0481	0.1116	0.1116
特殊人群	328(99.70)	1(0.30)	3280	0.0650	0.1508	0.1055
用药监护	268(81.46)	61(18.54)	2680	0.0721	0.0915	0
药物相互作用	301(91.49)	28(8.51)	3010	0.0434	0.1007	0
临床疗效	299(90.88)	30(9.12)	2990	0.0592	0.1184	0
ADR	284(86.32)	45(13.68)	2840	0.0596	0.1192	0

### 2.3 相对接近度

$C_i$ 为0.5~1.0,其中 $C_i \geq 0.8$ , $0.6 < C_i < 0.8$ , $C_i < 0.6$ 的分别有56例(17.02%),215例(65.35%),58例(17.63%)。详见表4。

## 3 讨论

### 3.1 不合理用药主要原因分析

未严格掌握rh-BNP用法用量:本研究中,用法用

表4 注射用rh-BNP用药合理性评价结果(n = 329)

Tab. 4 Medication rationality evaluation results of rh-BNP for injection (n = 329)

用药合理性	相对接近范围	分布[例(%)]
合理	$C_i = 1.0$	45(13.68)
	$0.9 \leq C_i < 1.0$	0(0)
	$0.8 \leq C_i < 0.9$	11(3.34)
基本合理	$0.7 \leq C_i < 0.8$	79(24.01)
	$0.6 \leq C_i < 0.7$	136(41.34)
不合理	$C_i < 0.6$	58(17.63)

量不适宜者共85例(25.84%),占比较高。rh-BNP的用法用量需依据患者体质量计算负荷剂量及维持剂量的给药速率。其中62份病历存在维持剂量给药速率不适宜,提示临床用药缺乏个体化给药方案的调整<sup>[15]</sup>。52例体质量≤60 kg的患者在临床应用中接受的常规维持剂量给药速率偏大。rh-BNP通过与特异性受体结合,升高环磷酸鸟苷(cGMP)浓度并松弛平滑肌,进而扩张血管,降低心脏前后负荷,迅速缓解心衰患者的症状<sup>[2]</sup>;但静脉泵入给药速率过快会显著增加低血压、头痛等ADR的发生风险<sup>[16]</sup>。此外,2例患者药液配置后使用时间超过24 h,药液不稳定性增加。同时,4例患者使用的负荷剂量偏大。一项关于rh-BNP治疗心力衰竭的开放的随机对照多中心IV期临床研究显示,高剂量组患者以0.015 μg/(kg·min)的速度持续滴注48 h后,ADR中低血压的发生率最高(2.62%),且给药30 d内的再住院率(7.21%)和病死率(12.96%)均高于其他组,而在改善呼吸困难、全身症状、心脏指数及N末端B型利钠肽前体(NT-proBNP)水平方面,各组间差异均无统计学意义<sup>[17]</sup>。

未完善辅助检查及实验室检查与用药监护:尽管rh-BNP可改善终末期肾病合并IV型心肾综合征患者的心功能,减少急诊透析及心血管事件的发生<sup>[18]</sup>,但rh-BNP部分经肾脏清除,可能影响患者肾功能。肾素-血管紧张素-醛固酮系统的严重心力衰竭患者,rh-BNP治疗可能导致氮质血症,因此对于急性肾衰竭及透析患者,在rh-BNP治疗期间需定期检测血清肌酐、血氮等生化指标<sup>[19]</sup>。在肾功能不全的患者中,肌酐清除率越低、肾功能损害程度越高,ADR发生率显著升高( $P < 0.05$ )<sup>[20]</sup>。这可能是因为肾功能受损导致药物清除能力降低,血浆药物浓度升高,从而增加ADR风险。本研究中,共71例(21.58%)患者未完善血清肌酐、血氮等辅助检查及实验室检查。

未把握用药疗程:对于急性失代偿性心力衰竭、难治性心力衰竭或合并严重容量超负荷及血流动力学紊乱的重症患者,可在常规剂量基础上,根据临床症状、心功能分级、肺部罗音、水肿程度及NT-proBNP水平

的变化,适当延长 rh - BNP 的治疗疗程。临床实践中,在严密监测血压、肾功能及电解质的前提下,可将连续静脉输注疗程由常规的 3 d 延长至 5 ~ 7 d,以更充分发挥其扩张血管、利尿排钠、拮抗神经内分泌过度激活的作用,从而改善心室重构及临床预后。待血流动力学稳定、症状显著缓解后逐步减量停药,一般不建议连续应用超过 7 d<sup>[17,21-22]</sup>。本研究中,共 17 例(5.17%)患者用药疗程超过 7 d,可能增加耐受性发生风险。

未进行监测、上报 ADR:rh - BNP 的主要 ADR 为低血压,其他常见 ADR 包括头痛、恶心、室性心动过速及血清肌酐升高等<sup>[2]</sup>。本研究中,共 45 例(13.68%)患者发生药物 ADR,其中 23 例出现低血压,3 例表现为血清肌酐升高。出现低血压的患者多联合使用 ACEI 和利尿剂,病程中未详细记录和上报;经降低剂量、使用升压药物等对症治疗后,症状均缓解。

### 3.2 干预措施

为进一步规范 rh - BNP 的临床应用,提出以下改进措施:1)加强医务人员培训,重点强化对 rh - BNP 适应证、疗程、用药监护、临床疗效评价及用法用量等方面的培训,提升合理用药意识;2)建立专项点评与干预机制,由药学部联合心血管内科、医务科等科室开展 rh - BNP 专项处方点评,对超疗程、超剂量等问题及时干预、反馈与整改;3)用药时严格按照要求给予适当的剂量、输注速度及输注时间,以充分发挥治疗作用,避免医疗资源浪费;4)强化用药过程监测,用药期间持续监测血压、心率、尿量、肾功能及电解质,定期复查 NT - proBNP 水平,根据血流动力学及症状改善情况及时减量或停药,降低低血压、肾功能损伤等风险;5)治疗过程中还应充分评估可能发生的 ADR,实施严密的药学监护,及时发现并上报 ADR,制订个体化的治疗及用药方案。

综上所述,本研究中构建了注射用 rh - BNP 的 DUE,并通过基于 AHM 赋权法联合 TOPSIS 法对注射用 rh - BNP 用药合理性进行了评价。结果显示,该药用药合理性总体较好,未来可通过前置审方系统严格限制其用法用量、疗程等规则,并结合医保限制条件定期开展专项点评,及时向临床科室反馈处方点评结果,以提高用药合理率,保障患者用药安全、有效。但本研究为单中心、回顾性研究,样本量较小,可能导致结果存在一定偏倚,后续仍需从药物经济学、成本效益等方面进行深入探讨。

### 参考文献

[1] CHEN WJ. Clinical effect of recombinant human brain natriuretic peptide in the treatment of heart failure in elderly patients[J]. BMC Cardiovasc Disord, 2024, 24(1):517.  
[2] KOUREK C, BRIASOULIS A, GIAMOZIS G, et al. Lyophilized recombinant human brain natriuretic peptide: A promising therapy in patients with chronic heart failure[J]. World J Clin Cases, 2023, 11(36):8603 - 8605.

[3] WEI YY, ZHANG Q, CHI HJ, et al. Effects of recombinant human brain natriuretic peptide on atrial fibrillation after coronary artery bypass grafting[J]. J Cardiovasc Pharmacol, 2023, 81(1):63 - 69.  
[4] LI F, LI H, LUO R, et al. Lyophilized recombinant human brain natriuretic peptide for chronic heart failure: Effects on cardiac function and inflammation[J]. World J Clin Cases, 2023, 11(26):6066 - 6072.  
[5] 吕鹏,张京莉,杨涛,等.注射用唑来膦酸药物利用评价标准的建立与应用[J].中国医院药学杂志,2023,43(11):1266 - 1270.  
[6] 中华医学会心血管病学分会,中国医师协会心血管内科医师分会,中国医师协会心力衰竭专业委员会,等.中国心力衰竭诊断和治疗指南 2024[J].中华心血管病杂志,2024,52(3):235 - 275.  
[7] 中华医学会,中华医学会临床药学会,中华医学会杂志社,等.慢性心力衰竭基层合理用药指南[J].中华全科医师杂志,2021,20(1):42 - 49.  
[8] 中华医学会,中华医学会杂志社,中华医学会全科医学分会,等.中国心力衰竭基层诊疗与管理指南(2024年)[J].中华全科医师杂志,2024,23(6):549 - 577.  
[9] 国家卫生计生委合理用药专家委员会,中国药师协会.心力衰竭合理用药指南(第2版)[J].中国医学前沿杂志(电子版),2019,11(7):1 - 78.  
[10] 吴柳婷,黄艳芳,罗洁丽,等.泮托拉唑注射液逼近理想值排序的药物利用分层评价[J].中南药学,2019,17(12):2190 - 2194.  
[11] 冉烁,俞吉,朱裕林.应用加权 TOPSIS 法评价某院伏立康唑使用情况[J].实用医药杂志,2020,37(7):636 - 641.  
[12] 李宇,冯晓俊,王运红,等.基于加权逼近理想解排序法的卡瑞利珠单抗用药合理性评价[J].中国药业,2024,33(5):10 - 14.  
[13] 王桂凤,刘锐锋,李雪芹,等.基于加权 TOPSIS 法的注射用替加环素药物利用评价[J].中国医院药学杂志,2019,39(4):381 - 384.  
[14] 汪龙,宋佳伟,江洁美,等.基于加权 TOPSIS 法的肿瘤患者应用重组人粒细胞集落刺激因子合理性评价[J].中国新药与临床杂志,2019,38(10):630 - 634.  
[15] 陆莹,严佳栋,许蔡艳.456例重组人脑利钠肽医保支付合理性评价[J].中国处方药,2023,21(10):63 - 66.  
[16] 刘文婷,胡立群,李红旗,等.重组人脑利钠肽和硝酸甘油治疗难治性心力衰竭的疗效及安全性[J].西部医学,2020,32(3):383 - 386.  
[17] 重组人脑利钠肽多中心研究协作组.重组人脑利钠肽治疗心力衰竭安全性和疗效的开放性随机对照多中心临床研究[J].中华心血管病杂志,2011,39(4):305 - 308.  
[18] ZHOU Y, WANG X, YUAN H, et al. Impact of recombinant human brain natriuretic peptide on emergency dialysis and prognosis in end - stage renal disease patients with type 4 cardiorenal syndrome[J]. Sci Rep, 2023, 13(1):20752.  
[19] 黄颂波.左西孟旦联合重组人脑利钠肽治疗老年 ADHF