

氨基酸腹膜透析液在腹膜透析中的应用

程雅琳¹, 李小生^{2*}

¹赣南医科大学第一临床医学院, 江西 赣州

²赣南医科大学第一附属医院肾内科, 江西 赣州

收稿日期: 2025年12月5日; 录用日期: 2025年12月28日; 发布日期: 2026年1月8日

摘要

慢性肾脏病患者逐年增多, 终末期肾病需进行肾脏替代治疗以维持生命。其中腹膜透析(peritoneal dialysis, PD)是肾替代治疗的重要手段之一, 其改善氮质血症、尿毒症中毒症状、保护残余肾功能等疗效已获得临床肯定。随着透析效能及患者远期预后的不断改善, 原有一些不受重视的并发症(如营养不良等)在临床上备受关注, 但是改善此类并发症的方法有限。然而随着氨基酸透析液的出现, PD患者合并的全身性营养不良得到了改善并取得了一定的临床经验。本文系统梳理了氨基酸腹膜透析液的作用机制, 临床证据及争议, 为优化腹膜透析治疗策略提供参考。

关键词

腹膜透析, 氨基酸腹膜透析液, 营养不良

The Application of Amino Acid-Based Peritoneal Dialysis Solutions in Peritoneal Dialysis

Yalin Cheng¹, Xiaosheng Li^{2*}

¹First Clinical Medical College, Gannan Medical University, Ganzhou Jiangxi

²Department of Nephrology, The First Affiliated Hospital of Gannan Medical University, Ganzhou Jiangxi

Received: December 5, 2025; accepted: December 28, 2025; published: January 8, 2026

Abstract

The prevalence of chronic kidney disease (CKD) has been increasing annually, with end-stage renal disease (ESRD) requiring renal replacement therapy to sustain life. Among the available treatments,

*通讯作者。

peritoneal dialysis (PD) serves as one of the most important modalities. Its efficacy in ameliorating azotemia, uremic symptoms, and preserving residual renal function has been well-established in clinical practice. As dialysis efficiency and long-term patient outcomes continue to improve, previously overlooked complications such as malnutrition have gained significant clinical attention. However, therapeutic options for managing these complications remain limited. The advent of amino acid-based peritoneal dialysis solutions has shown promise in addressing systemic malnutrition in PD patients, yielding positive clinical experience. This article systematically reviews the mechanism of action, clinical evidence, and ongoing controversies surrounding amino acid peritoneal dialysis solutions, aiming to provide references for optimizing peritoneal dialysis treatment strategies.

Keywords

Peritoneal Dialysis, Amino Acid Peritoneal Dialysis Solution, Malnutrition

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

腹膜透析是终末期患者居家透析的重要手段之一。因其独有的残肾功能保护和居家治疗等诸多优势,受到越来越多患者的接受[1]。随着透析龄的增加和透析效能的改善,PD患者营养不良等相关并发症突显[2]。以前,以含葡萄糖的腹透液为代表的传统腹透液,在临床中占据主要地位,因其高糖暴露及腹膜纤维进程等局限性,以及其他腹透液也存在相关的问题。高葡萄糖还会导致代谢问题,尤其是出现糖脂代谢异常,对糖尿病患者不利[3]。此外,蛋白丢失、营养不良等并发症也不可忽视[4]。而氨基酸腹膜透析液的出现,改善了PD患者的透析效能、营养状况,还能减少糖暴露。本文就氨基酸腹膜透析液的作用机制、临床效果及争议作一综述,为临床上优化腹膜透析治疗方案提供参考。

2. 氨基酸腹膜透析液的理化特性与作用机制

2.1. 氨基酸腹膜透析液的成分特点

最早开创性地研究使用了药房配制的制剂或基于Travasol[现为Baxter](一种静脉注射的氨基酸溶液)的配方进行的。随后,开发了一种专门为慢性肾脏病患者设计的以1.0%氨基酸的渗透剂,包含必需和非必需氨基酸的混合物。根据临床试验中1.0%渗透剂的血清氨基酸变化,随后增加了酪氨酸的水平,降低了苯丙氨酸的水平。乳酸从35 mmol/L提高到40 mmol/L,以防止氨基酸氧化增加引起的酸中毒,并将氨基酸浓度提高到1.1%,在4~6小时内达到与1.36%葡萄糖腹膜透析液相似的超滤量。该溶液氨基酸含量为87 mmol/L,钠浓度调整为132 mmol/L, pH约为6.7。我们发现,这种市售的1.1%氨基酸的配方如果每日给药1次(或2次),其耐受性良好,除了血清尿素中度增加外,没有酸中毒或氮负荷增加等不良反应[5]。目前临床上使用的氨基酸腹膜透析液除了含有钠、镁、钙、氯、乳酸根离子外,其氨基酸总含量为1.1%,包含了必需氨基酸及非必需氨基酸共十五种,其中必需氨基酸占总氨基酸含量的66%,腹膜透析液pH值为6.7,渗透压为365 mOsm/l。

2.2. 氨基酸腹膜透析液的作用机制

目前临床上使用的1.1%氨基酸腹膜透析液适用于血浆白蛋白含量小于35 g/L的PD患者,在腹膜透

析中能为患者除去有毒代谢物、过量离子及水分的同时补充营养, 防止因透析出现营养缺失及负氮平衡等情况。1.1%氨基酸透析液在腹腔内存留 6 h 后, 大约有 90%的氨基酸被吸收入体内, 可额外提供 13~20 g 的氨基酸。体外及动物实验已经证实, 氨基酸透析液比普通的葡萄糖透析液更具有生物相容性; 氨基酸作为渗透剂替代葡萄糖, 减少了腹膜葡萄糖的吸收, 从而减少了高脂血症、高血糖、胰岛素抵抗以及氧化应激和炎症增加等并发症。另外氨基酸透析液可以减少腹膜与葡萄糖的接触时间, 并且氨基酸透析液的 PH 值较高($\text{pH} = 6.2$), 更接近生理性, 可以减少对腹膜刺激, 起到腹膜保护的作用。此外, 氨基酸透析液中不含葡萄糖, 可避免 GDP 的产生。然而, 氨基酸腹透液也存在局限性, 由于它的 pH 值低, 在热量摄入不足的情况下, 容易引起酸中毒和尿素的增加。同时也可能导致代谢性酸中毒[6], 导致胃肠道反应, 抑制食欲和氮负荷增加。

2.3. 氨基酸腹膜透析液的渗透特性

解放军肾脏病研究所 1988 年起报道急、慢性肾衰竭患者在运用氨基酸腹膜透析液后, 不仅超滤量明显增加, 而且血肌酐、尿素也明显下降。其中急性肾衰竭患者血肌酐由透析前(849.54 ± 339.46) $\mu\text{mol/L}$ 降至透析后的(656.83 ± 282.89) $\mu\text{mol/L}$ ($P < 0.01$); 慢性肾功能衰竭患者类似, 而且透出液中氮质废物的含量明显高于对照组。以肌酐为例, 氨基酸透析组为(9965.1 ± 3424.9) $\mu\text{mol/L}$, 对照组为(71243 ± 292.1) $\mu\text{mol/L}$ [6]。这些研究初步证明了氨基酸不仅能满足透析液的渗透压、保证超滤量, 而且有很好的清除体内代谢产物及毒素的效果。

2.4. 对腹膜转运特性和透析充分性的影响

许多研究[7][8]都观察到了氨基酸腹膜透析液的应用对于腹膜转运功能的影响, 结果均未发现腹膜转运功能的明显变化。说明临床上应用氨基酸腹膜透析液是安全、有效的, 但是还需要更多的研究支持。此外, 有研究观察到氨基酸腹膜透析液对透析充分性也不产生明显影响, 即使在长期使用(13.6 个月)后, 患者的 Kt/V 仅轻度降低, 超过 80%的患者仍在透析充分范围内[9]。

3. 氨基酸腹膜透析液在临床上的应用

3.1. 氨基酸腹膜透析液对腹透患者营养状况、生化指标及氮平衡的影响

血清白蛋白是营养不良和炎症的标志物, 已被证实是慢性肾脏病(CKD)和终末期肾病患者死亡率的强预测因子[10]。而临床上使用氨基酸腹膜透析液可以改善 PD 患者的营养状况[11], 包括血清白蛋白和转铁蛋白水平的升高, 及蛋白质分解代谢率或上臂肌肉恢复正常。在一项为期 12 个月的观察性研究中, Park [12]等人发现, 对营养不良的持续性非卧床腹膜透析(Continuous Ambulatory Peritoneal Dialysis, CAPD)患者(定义为血浆白蛋白浓度 $< 35 \text{ g/L}$ 和/或总氮外观标准化蛋白当量 $< 1.0 \text{ g/kg/d}$ 和/或主观整体评估评分 < 5 分)应用氨基酸溶液透析可使一系列营养状况指标升高, 包括瘦体重、标准化蛋白当量的总氮外观、血清 IGF-1 水平、背举力量、主观整体评估评分 SGA。对营养良好的自动化腹膜透析(Automated Peritoneal dialysis, APD)患者进行的全身蛋白质周转研究表明, 使用基于氨基酸的溶液和基于葡萄糖的中性 pH 溶液的混合物进行 1 周透析可增加净蛋白质平衡。研究者 CAPD 患者中重复了这项研究, 再次检测到净蛋白平衡增加。这些研究证实了在单次腹膜透析期间同时给予氨基酸和葡萄糖可增加肌肉蛋白合成。同时表明了氨基酸腹膜透析液可以改善营养不良的 PD 患者的营养状况。此外, Stegmayr [13]等人的研究表明, 对于 CAPD 患者, 计算每日通过腹膜转移的 PD-葡萄糖吸收量可能具有重要意义。这一葡萄糖负荷可为调整每日营养素摄入提供参考依据。其中以氨基酸腹膜透析液替代部分葡萄糖负荷不仅能够减少葡萄糖摄入, 还可能有效限制因透析导致的蛋白质损失。Fu Keung [14]等人开展的一项为期 3 年、前瞻性

随机对照研究：氨基酸腹膜透析液在中国营养不良 CAPD 患者中的应用，证明长期使用氨基酸腹膜透析液具有良好的耐受性，是改善高危 PD 患者营养状况的一种有效措施。而 Osasuyi [15] 等人进行的一项关于氨基酸透析液对成人 PD 患者人体测量指标的影响的 meta 分析表明，与标准腹膜透析液相比，氨基酸腹膜透析液可能不会改变人体测量指标，如肌肉质量，BMI 等，对血清白蛋白的影响尚不确定，统计学差异可能不具有很大的临床价值。综上所述，氨基酸腹膜透析液的应用可以改善 PD 患者的营养状况，但未来仍需要更多高质量的随机对照研究来巩固这一观点。

许多研究都观察了应用氨基酸腹膜透析液后对 PD 患者生化指标的影响。刘红[16]等人的研究表明，相较于葡萄糖腹膜透析液组，在治疗后氨基酸腹膜透析液组总胆固醇、转铁蛋白水平明显较低。氨基酸腹膜透析组患者治疗后较治疗前的血肌酐、透析液尿素 - 肌酐、腹膜 - 残余肾总尿素降低幅度均明显高于葡萄糖腹膜透析组。氨基酸腹膜透析组患者治疗后的包括白蛋白、转铁蛋白、前白蛋白水平均显著高于治疗前。而孙彬[17]等人的研究表明应用自制的氨基酸腹膜透析液对 CAPD 患者进行夜间留腹治疗，可有效提高患者的透析效能，并改善营养状态，纠正营养不良，且无明显不良反应。KOPPLE [18] 等人的研究结果显示，长期蛋白质或蛋白质热量营养不良且摄入低蛋白质饮食的腹膜透析患者，在使用含有氨基酸的透析液时，可形成正蛋白质平衡。腹腔内注射氨基酸增强其合成代谢状态的证据包括氮平衡显著增加，蛋白质合成净代谢增加，以及血清转铁蛋白和总蛋白浓度增加。由此说明，氨基酸腹膜透析液可以提高腹透患者的透析效能，使氮平衡增加，蛋白质合成增加，从而提高血清白蛋白水平。

还有一项 RCT [8] 和一项非随机交叉试验[19]研究了补充氨基酸腹膜透析液对营养不良 PD 患者电解质水平的影响。在营养不良的腹膜透析患者中，用氨基酸透析液代替葡萄糖透析液可降低其磷和碳酸氢盐水平，但对钾水平的影响尚不清楚。Jones [8] 等人的研究显示，对比葡萄糖透析液组，氨基酸透析液组的血钾和磷水平显著下降，3 个月时两组之间的水平差异有统计学意义($P < 0.05$)。相比之下，Misra [19] 等人则表示，在氨基酸透析液或葡萄糖透析液组中，钾、磷酸盐或碳酸氢盐水平均无组内变化。然而，接受氨基酸透析液治疗的患者具有较低的平均磷酸盐和碳酸氢盐水平。较低的磷酸盐可以降低 CKD 患者心血管死亡和血管钙化的风险，而较低的碳酸氢盐，提示使用氨基酸腹膜透析液可能出现代谢性酸中毒的风险[20]。

3.2. 降低血流动力学反应

使用氨基酸腹膜透析液而不是葡萄糖腹膜透析液的另一个潜在益处是血流动力学反应性降低。与使用 1.36% 葡萄糖相比，使用 3.86% 葡萄糖时，心率和每搏输出量升高，心输出量增加，从而导致血压升高。在使用氨基酸溶液期间未观察到此类血流动力学变化。虽然尚未在长期研究中证明与使用氨基酸腹膜透析液相关的生存获益，但降低血流动力学反应可能有长期获益，未来仍需要更多的研究来验证这一观点[21]。

3.3. 代谢获益，即对血脂、血糖的影响

氨基酸腹膜透析液是一种不含葡萄糖和 GDP 的以氨基酸(1.1%)为基础的腹透液。因此，长期使用(3 年)不仅可使患者体内的白蛋白恢复正常，而且还可以使血浆甘油三酯和磷水平有所降低。氨基酸腹膜透析液还可以改善腹透患者血糖的代谢情况，尤其是针对糖尿病患者。Philip K.T [22] 等人的一项随机对照研究，患者以 1:1 的比例随机分配到仅葡萄糖溶液组(对照组)或低糖治疗组(在低糖组中联合使用艾考糊精、氨基酸和葡萄糖溶液；在对照组试验中采用不同的葡萄糖溶液)。6 个月后，低糖组平均糖化血红蛋白(主要终点)改善。该研究在低糖组中，测量了几种脂质，包括甘油三酯、低密度脂蛋白和载脂蛋白 B，有适度但显著的改善；从长远来看，这些改善可能会降低动脉粥样硬化的风险。

3.4. 腹膜功能的保护

PD 是终末期肾病患者维持生命的有效方法之一, 其有效性取决于腹膜作为半透膜的功能, 因此腹膜功能的保护尤为重要。而腹膜透析液(Peritoneal dialysis fluid, PDF)的长期应用会导致腹膜间皮层剥脱和纤维化转化以及血管炎症通路的激活。有研究表明, 氨基酸腹膜透析液是一种比葡萄糖腹膜透析液更具有生物相容性的 PD 溶液[23]。Jagirdar [24]等人探索了不同 PDF 对间皮细胞和内皮细胞功能的影响及修复机制。间皮细胞用细胞培养基和不同的 PDF (艾考糊精基, 氨基酸基和葡萄糖基)以 1:1 的比例培养。在二维和三维培养条件下进行细胞黏附、细胞迁移和细胞增殖实验, 以及细胞球形成和胶原凝胶收缩实验。在 2D 细胞模型中, 氨基酸腹膜透析液显著抑制了间皮细胞及内皮细胞的增殖, 降低了内皮细胞的吸附, 抑制了间皮细胞的迁移; 在 3D 细胞模型中, 氨基酸腹膜透析液显著减少了间皮细胞和内皮细胞的球体大小, 显著降低其收缩能力。相较于艾考糊精和葡萄糖腹膜透析液, 氨基酸腹膜透析液对内皮细胞的粘附抑制和间皮细胞的粘附增强表现出独特作用。氨基酸腹膜透析液是传统高糖透析液的替代方案, 旨在减少葡萄糖毒性并提供营养支持。然而, 其对腹膜细胞的影响复杂, 可能抑制增殖但增强粘附。未来需进一步探索其分子机制和长期临床效果, 以优化 PD 治疗策略。

3.5. 氨基酸腹膜透析液可能降低发生相关腹膜炎的风险

腹膜炎是接受 PD 治疗的常见并发症之一。而金黄色葡萄球菌腹膜炎是长期 PD 患者的严重并发症, 与其他细菌相比, 金黄色葡萄球菌腹膜炎更有可能出现严重的和复发性感染的风险。Kumar [25]等人的研究表明, 基于氨基酸的 PD 液不抑制补体宿主对金黄色葡萄球菌的防御。这说明, 与基于葡萄糖的 PD 液相比, 使用基于氨基酸的 PD 液可能改善补体介导的针对金黄色葡萄球菌的免疫防御。迄今为止, 尚未发表旨在解决这一问题的临床试验。总体而言, 接受葡萄糖 PD 液的金黄色葡萄球菌腹膜炎患者可能可以改用氨基酸 PD 液, 从而降低未来发生金黄色葡萄球菌腹膜感染的风险。

真菌引起的 PD 相关性腹膜炎的发生率为 3%~6%, 其中念珠菌是最常见的致病菌, 占 70%~90%。Tobudic [26]等人研究表明基于氨基酸的腹膜透析液比通常用于体外生物膜测试的对照液培养的念珠菌生物膜产生的更少。似乎氨基酸腹膜透析液对 PD 患者念珠菌生物膜的形成有一定的预防作用。从而可能降低真菌引起的腹膜透析相关性腹膜炎感染的风险。

4. 氨基酸腹膜透析液的风险与局限性

多项研究[18]报告了 CAPD 患者使用氨基酸腹膜透析液时出现代谢性酸中毒的可能, 特别是每天更换 2 袋氨基酸腹透液的患者。由于酸中毒会刺激蛋白质降解, 通常建议每天使用不超过 1 袋 1.1%氨基酸腹膜透析液。酸中毒是由透析溶液中存在的含硫氨基酸 - 蛋氨酸和阳离子氨基酸 - 精氨酸和赖氨酸 - HCl 的代谢引起的。这些氨基酸的氧化会产生 H^+ , 无论它们是通过食物或腹膜内氨基酸外源性的输送, 还是通过蛋白质降解内源性输送。食物中含有含硫氨基酸如蛋氨酸和半胱氨酸以及阳离子氨基酸如精氨酸和赖氨酸, 而有机 $H_2PO_4^-$ 的水解也是 H^+ 的重要来源。 H^+ 的产生被生成碱的阴离子氨基酸如谷氨酸和天冬氨酸以及各种膳食有机阴离子的代谢所抵消。如果蛋白质平衡为中性, 则净酸产量取决于产酸和产碱物质的摄入量。在健康成年人中, 净 H^+ 产生量约为 1~2 mEq/kg/天, 这一产生量必须通过肾脏清除以维持酸碱平衡[27]。

氨基酸腹膜透析液的另一个潜在负代谢效应是血清同型半胱氨酸浓度的升高。虽然已经证明降低同型半胱氨酸治疗不影响肾衰竭患者的心血管结局, 但是较高的同型半胱氨酸水平与死亡率增加相关。使用氨基酸腹膜透析液进行透析时, 流出液 CA-125 和 IL-6 水平升高。这可能反映了腹膜的亚临床炎症反应。这些观察结果是否具有临床意义还需进一步的研究证明。

5. 特殊人群的应用

5.1. 氨基酸腹膜透析液用于丙酮酸脱氢酶复合物缺乏症的新生儿

Kuok [28]等人报道了 1 例丙酮酸脱氢酶复合物(pyruvate dehydrogenase complex, PDC)缺乏症的新生儿,其出生后出现了严重乳酸酸中毒和急性肾损伤。腹透是许多中心的首选透析方式,而葡萄糖仍是 PD 的首选渗透剂。然而,在接受 PD 治疗的新生儿中,约有一半的新生儿会因吸收过多的葡萄糖而导致高血糖。过量的葡萄糖可能导致危及生命的代谢紊乱。PDC 缺乏症是先天性乳酸酸中毒最常见的原因之一,其丙酮酸盐转化为乙酰辅酶 A 的缺陷导致丙酮酸盐积累,并将其转化为乳酸,从而导致能量生成效率低下。过量的葡萄糖供应可进一步加剧这种分流,导致严重的乳酸酸中毒。该新生儿的高血糖和乳酸水平恶化很可能是由于 PD 液中的葡萄糖吸收引起的。因此,为防止病情进一步恶化,将 PD 液改为氨基酸溶液。Z 之后,患者的生化指标显著改善,血清肌酐稳步下降。本病例强调了选择合适的透析液的重要性,尤其是对于有代谢紊乱的新生儿。葡萄糖 PD 液引起的高血糖可能加重丙酮酸代谢障碍新生儿的乳酸酸中毒。基于氨基酸的腹膜透析液可能为此类病例提供一种可行的替代方案。

5.2. 氨基酸腹膜透析液用于糖尿病患者

接受 PD 的糖尿病患者使用氨基酸腹膜透析液不仅可以更好的控制血糖,而且可以更好地保证腹膜功能和 PD 透析效能。在 Lui [29]等人的研究中将 150 例新 PD 患者随机分为两组,一组接受葡萄糖最小化联合治疗方案,另一组接受常规治疗方案。随访 12 个月后,两组患者的残余肾功能下降率相似,但联合方案组患者的日尿量保存较好。当联合治疗组在研究完成后接受常规治疗方案时,良好的透析流出物标志物特征在 6 个月内消失[30],这进一步支持:使用最小化葡萄糖的联合治疗方案是更好地保存腹膜完整性的原因。此外,两项随机对照试验[22][31],共 251 例糖尿病 PD 患者被随机分配接受低糖联合治疗方案或传统的基于葡萄糖的治疗方案 166 个月后,联合治疗组的平均糖化血红蛋白水平、血清果糖胺水平和血脂谱改善,而对照组保持不变。然而,在联合治疗组中,死亡和严重不良事件(包括与细胞外液扩容相关的事件)有增多的趋势。综上所述,联合应用无葡萄糖溶液可显著改善糖尿病腹膜透析患者的血糖控制,并可能对腹膜功能有益。然而,无糖溶液(单独使用或联合使用)的长期效果需要进一步研究[32]。

6. 与其他透析液的联合策略

Tjiong [33]等人在一项单一、开放标签、随机顺序的交叉研究中,比较了 8 例 APD 患者氨基酸和葡萄糖的混合透析液与仅含葡萄糖的透析液在 2 个阶段的影响,每个阶段 7 天。他们得出的结论是当将这种透析溶液作为常规透析计划的一部分,用于夜间进行自动腹膜透析(APD)的禁食患者时,会引起急性合成代谢效应。此外,在进食状态的 PD 患者中,发现含有氨基酸和葡萄糖的透析液可以改善蛋白质代谢。看来人体对腹腔内注射氨基酸透析液的反应与口服氨基酸类似。与膳食蛋白质一样,腹腔内氨基酸也会氧化生成氢离子和尿素。当总缓冲液浓度为 40 mmol/L 时,血清尿素水平未升高,血清碳酸氢盐保持在正常范围内。因此,对于不能满足饮食建议的 PD 患者,使用这种方法可能是一种选择。Canepa [23]等人报道了一项研究,该研究使用自动 PD 循环仪在儿童 PD 患者夜间同时输入葡萄糖和葡萄糖溶液(比例为 3:1)。发现对蛋白质合成、高胰岛素血症、预防高氨基酸血症、维持足够的吸收葡萄糖和 AA 的非蛋白热氮比(115.4:1)均有利作用。因此,这些发现支持使用这种葡萄糖-氨基酸组合溶液,以提高蛋白质合成中氨基酸的利用率,同时控制血尿素氮的水平。

7. 总结与展望

营养不良的 PD 患者可从氨基酸透析液中获益,通过腹膜摄取氨基酸和增加蛋白质合成代谢,从而

改善某些生化和 /或人体测量营养参数。然而,氨基酸溶液的这种营养益处长期研究中并没有得到一致的观察。这可能与研究设计、样本量、评估营养状况的不同方法以及其他影响营养状况的因素(如透析和炎症的充分性)有关。目前的研究表明氨基酸腹膜透析液可以改善 PD 患者的营养状况,但是目前国际上关于这方面的研究开展的较少,我们需要获得更多的临床数据,尤其是来自前瞻性随机对照研究的数据来进一步地支持我们的观点。另外,目前关于氨基酸腹膜透析液的研究仅评估了营养相关的中间结局指标,包括膳食摄入量(总能量和蛋白质摄入量等);营养状况的实验室标志物(血清白蛋白、前白蛋白等);人体测量学(上臂肌围、三头肌皮褶厚度等)。目前尚未充分评估用氨基酸透析液代替常规葡萄糖透析液对腹膜透析患者生存率、住院率、其他临床结局和生存质量的影响。氨基酸腹膜透析液治疗的远期疗效尚不明确[20]。为了突破当前证据瓶颈,推动氨基酸腹膜透析液的精准临床应用,未来的研究应该致力于解决一些具体且关键的科学问题,例如:应开展大规模、多中心、前瞻性的随机对照试验(RCT),头对头比较“氨基酸透析液联合艾考糊精透析液”方案与“标准葡萄糖透析液”方案,主要终点应设定为全因死亡率、心血管事件发生率及感染/营养不良相关的住院率,以明确其是否能为患者带来生存与临床硬终点获益。此外,未来的研究应识别最能从中获益的亚组人群。例如,可设计针对高龄 PD 患者、糖尿病 PD 合并严重营养不良患者、或高转运状态伴超滤不足的患者的干预性研究,探索在这些特定高危人群中,氨基酸透析液作为个性化营养支持方案,对改善其身体功能、生活质量和临床预后的潜力。综合评估患者报告结局:除了生物学指标,研究应系统纳入患者报告结局,如食欲、疲劳感、体力活动水平及与健康相关的生活质量,以全面衡量治疗对患者整体健康状况的真实影响。总之,只有通过设计严谨、问题聚焦的临床研究,才能阐明氨基酸腹膜透析液在改善 PD 患者远期预后方面的价值,从而为临床实践提供基于高级别证据的决策依据。

参考文献

- [1] Teitelbaum, I. (2021) Peritoneal Dialysis. *New England Journal of Medicine*, **385**, 1786-1795. <https://doi.org/10.1056/nejmra2100152>
- [2] 骆雅咏, 董哲毅, 林雯文, 等. 营养评估方法在慢性肾脏病患者中的应用研究进展[J]. 解放军医学杂志, 2024, 49(12): 1437-1443.
- [3] 管运才. 多糖腹膜透析液的制备与质量研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京大学, 2016.
- [4] Kiebalo, T., Holotka, J., Habura, I. and Pawlaczyk, K. (2020) Nutritional Status in Peritoneal Dialysis: Nutritional Guidelines, Adequacy and the Management of Malnutrition. *Nutrients*, **12**, Article No. 1715. <https://doi.org/10.3390/nu12061715>
- [5] Rippe, B. and Venturoli, D. (2007) Peritoneal Transport Kinetics with Amino Acid-Based and Glucose-Based Peritoneal Dialysis Solutions. *Peritoneal Dialysis International: Journal of the International Society for Peritoneal Dialysis*, **27**, 518-522. <https://doi.org/10.1177/089686080702700508>
- [6] 王军, 贾忠辉, 俞雨生. 氨基酸腹膜透析液在腹膜透析营养不良患者中的应用前景[J]. 医学研究生学报, 2004(6): 554-557.
- [7] Faller, B., Aparicio, M., Faict, D., De Vos, C., de Précigout, V., Larroumet, N., *et al.* (1995) Clinical Evaluation of an Optimized 1.1% Amino-Acid Solution for Peritoneal Dialysis. *Nephrology Dialysis Transplantation*, **10**, 1432-1437. <https://doi.org/10.1093/ndt/10.8.1432>
- [8] Jones, M., Hagen, T., Boyle, C., Vonesh, E., Hamburger, R., Charytan, C., *et al.* (1998) Treatment of Malnutrition with 1.1% Amino Acid Peritoneal Dialysis Solution: Results of a Multicenter Outpatient Study. *American Journal of Kidney Diseases*, **32**, 761-769. [https://doi.org/10.1016/s0272-6386\(98\)70131-3](https://doi.org/10.1016/s0272-6386(98)70131-3)
- [9] Taylor, G.S., Patel, V., Spencer, S., Fluck, R.J. and McIntyre, C.W. (2002) Long-Term Use of 1.1% Amino Acid Dialysis Solution in Hypoalbuminemic Continuous Ambulatory Peritoneal Dialysis Patients. *Clinical Nephrology*, **58**, 445-450. <https://doi.org/10.5414/cnp58445>
- [10] Hsiung, J., Kleine, C., Naderi, N., Park, C., Soohoo, M., Moradi, H., *et al.* (2019) Association of Pre-End-Stage Renal Disease Serum Albumin with Post-End-Stage Renal Disease Outcomes among Patients Transitioning to Dialysis. *Journal of Renal Nutrition*, **29**, 310-321. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2018.09.004>

- [11] Chan, W. (2021) Chronic Kidney Disease and Nutrition Support. *Nutrition in Clinical Practice*, **36**, 312-330. <https://doi.org/10.1002/ncp.10658>
- [12] Park, M.S., Choi, S.R., Song, Y.S., Yoon, S.Y., Lee, S.Y. and Han, D.S. (2006) New Insight of Amino Acid-Based Dialysis Solutions. *Kidney International*, **70**, S110-S114. <https://doi.org/10.1038/sj.ki.5001925>
- [13] Stegmayr, B. (2017) Dialysis Procedures Alter Metabolic Conditions. *Nutrients*, **9**, Article No. 548. <https://doi.org/10.3390/nu9060548>
- [14] Li, F.K., Chan, L.Y.Y., Woo, J.C.Y., Ho, S.K.N., Lo, W.K., Lai, K.N., *et al.* (2003) A 3-Year, Prospective, Randomized, Controlled Study on Amino Acid Dialysate in Patients on CAPD. *American Journal of Kidney Diseases*, **42**, 173-183. [https://doi.org/10.1016/s0272-6386\(03\)00421-9](https://doi.org/10.1016/s0272-6386(03)00421-9)
- [15] Iyasere, O., Nagar, R., Jesus-Silva, J.A., Pepereke, S., MacConaill, K., Eid, A., *et al.* (2021) The Impact of Amino Acid Dialysate on Anthropometric Measures in Adult Patients on Peritoneal Dialysis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Peritoneal Dialysis International: Journal of the International Society for Peritoneal Dialysis*, **42**, 314-323. <https://doi.org/10.1177/08968608211035964>
- [16] 刘红, 程铭, 姜琳, 等. 氨基酸腹膜透析对腹膜透析患者生化指标、透析效能及营养状况的影响[J]. 临床和实验医学杂志, 2020, 19(13): 1387-1390.
- [17] 孙彬, 李雪芹, 马强. 氨基酸腹膜透析对腹膜透析患者透析效能和营养状况的影响[J]. 中国医药导刊, 2019, 21(1): 21-24.
- [18] Kopple, J.D., Bernard, D., Messana, J., Swartz, R., Bergström, J., Lindholm, B., *et al.* (1995) Treatment of Malnourished CAPD Patients with an Amino Acid Based Dialysate. *Kidney International*, **47**, 1148-1157. <https://doi.org/10.1038/ki.1995.164>
- [19] Misra, M., Reaveley, D.A., Ashworth, J., Muller, B., Seed, M. and Brown, E.A. (1997) Six-Month Prospective Cross-Over Study to Determine the Effects of 1.1% Amino Acid Dialysate on Lipid Metabolism in Patients on Continuous Ambulatory Peritoneal Dialysis. *Peritoneal Dialysis International: Journal of the International Society for Peritoneal Dialysis*, **17**, 279-286. <https://doi.org/10.1177/089686089701700312>
- [20] Ikizler, T.A., Burrowes, J.D., Byham-Gray, L.D., Campbell, K.L., Carrero, J., Chan, W., *et al.* (2020) KDOQI Clinical Practice Guideline for Nutrition in CKD: 2020 Update. *American Journal of Kidney Diseases*, **76**, S1-S107. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2020.05.006>
- [21] ter Wee, P.M. and van Ittersum, F.J. (2007) The New Peritoneal Dialysis Solutions: Friends Only, or Foes in Part? *Nature Clinical Practice Nephrology*, **3**, 604-612. <https://doi.org/10.1038/ncpneph0620>
- [22] Li, P.K.T., Culleton, B.F., Ariza, A., Do, J., Johnson, D.W., Sanabria, M., *et al.* (2013) Randomized, Controlled Trial of Glucose-Sparing Peritoneal Dialysis in Diabetic Patients. *Journal of the American Society of Nephrology*, **24**, 1889-1900. <https://doi.org/10.1681/asn.2012100987>
- [23] Bonomini, M., Zammit, V., Divino-Filho, J.C., Davies, S.J., Di Liberato, L., Arduini, A., *et al.* (2020) The Osmo-Metabolic Approach: A Novel and Tantalizing Glucose-Sparing Strategy in Peritoneal Dialysis. *Journal of Nephrology*, **34**, 503-519. <https://doi.org/10.1007/s40620-020-00804-2>
- [24] Jagirdar, R.M., Pitaraki, E., Rouka, E., Papazoglou, E.D., Bartosova, M., Zebekakis, P., *et al.* (2023) Differential Effects of Biocompatible Peritoneal Dialysis Fluids on Human Mesothelial and Endothelial Cells in 2d and 3d Phenotypes. *Artificial Organs*, **48**, 484-494. <https://doi.org/10.1111/aor.14703>
- [25] Kumar, P.S., Mauriello, C.T., Hair, P.S., Rister, N.S., Lawrence, C., Raafat, R.H., *et al.* (2015) Glucose-Based Dialysis Fluids Inhibit Innate Defense against Staphylococcus Aureus. *Molecular Immunology*, **67**, 575-583. <https://doi.org/10.1016/j.molimm.2015.07.017>
- [26] Tobudic, S., Harrison, N., Forstner, C., Kussman, M. and Burgmann, H. (2017) Effect of Peritoneal Dialysis Fluids on Activity of Echinocandins against Candida Spp. Biofilm. *Medical Mycology*, **55**, 790-793. <https://doi.org/10.1093/mmy/myw145>
- [27] Tjiong, H.L., Swart, R., van den Berg, J.W. and Fieren, M.W. (2009) Amino Acid-Based Peritoneal Dialysis Solutions for Malnutrition: New Perspectives. *Peritoneal Dialysis International: Journal of the International Society for Peritoneal Dialysis*, **29**, 384-393. <https://doi.org/10.1177/089686080902900404>
- [28] Kuok, M.C.I., Chow, C.K.J., Chan, N.M. and Chan, W.K.Y. (2025) Improvement of Lactic Acidosis in Pyruvate Dehydrogenase Complex Deficiency Using Custom-Made Amino Acid-Based Dialysate for Peritoneal Dialysis. *Pediatric Nephrology*, **40**, 2201-2203. <https://doi.org/10.1007/s00467-025-06679-4>
- [29] Lui, S.L., Yung, S., Yim, A., Wong, K.M., Tong, K.L., Wong, K.S., *et al.* (2012) A Combination of Biocompatible Peritoneal Dialysis Solutions and Residual Renal Function, Peritoneal Transport, and Inflammation Markers: A Randomized Clinical Trial. *American Journal of Kidney Diseases*, **60**, 966-975. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2012.05.018>
- [30] Yung, S., Lui, S.L., Ng, C.K.F., Yim, A., Ma, M.K.M., Lo, K.Y., *et al.* (2015) Impact of a Low-Glucose Peritoneal

- Dialysis Regimen on Fibrosis and Inflammation Biomarkers. *Peritoneal Dialysis International: Journal of the International Society for Peritoneal Dialysis*, **35**, 147-158. <https://doi.org/10.3747/pdi.2014.00125>
- [31] Li, P.K.T., Dorval, M., Johnson, D.W., Rutherford, P., Shutov, E., Story, K., *et al.* (2015) The Benefit of a Glucose-Sparing PD Therapy on Glycemic Control Measured by Serum Fructosamine in Diabetic Patients in a Randomized, Controlled Trial (Impendia). *Nephron*, **129**, 233-240. <https://doi.org/10.1159/000371554>
- [32] Szeto, C.C. and Johnson, D.W. (2017) Low GDP Solution and Glucose-Sparing Strategies for Peritoneal Dialysis. *Seminars in Nephrology*, **37**, 30-42. <https://doi.org/10.1016/j.semnephrol.2016.10.005>
- [33] Tjiong, H.L., Swart, R., Van den Berg, J.W. and Fieren, M.W. (2008) Dialysate as Food as an Option for Automated Peritoneal Dialysis. *Clinical Kidney Journal*, **1**, iv36-iv40. <https://doi.org/10.1093/ndtplus/sfn122>