

## · 综述 ·

# 减重手术与营养缺乏：机制、预防与治疗

张玉<sup>1</sup> 高丽莲<sup>2</sup> 杨华<sup>2</sup> 钱玉秀<sup>3</sup> 中国肥胖代谢外科研究协作组

**【摘要】** 肥胖代谢外科手术(MBS)是目前国际上公认的、能有效并且持续治疗肥胖症的方法。越来越多的研究证实,肥胖症患者在术前已存在着一定程度的营养缺乏。由于手术对消化道解剖和功能的变化,使患者术后在稳定而持续地减轻体重的同时,术前的营养缺乏也会加重,并且出现一系列与营养相关的并发症。本文阐述了患者在MBS前后营养缺乏的发生机制以及营养并发症的防治,并结合临床经验,总结围手术期的营养管理,为临床医护人员改善减重手术患者的营养状况提供参考依据。

**【关键词】** 肥胖代谢外科手术; 营养; 机制; 预防; 治疗; 围手术期

**Bariatric Surgery and Nutritional Deficiencies: Mechanism, Prevention and Treatment.** Zhang Yu<sup>1</sup>, Gao Lilian<sup>2</sup>, Yang Wah<sup>2</sup>, Qian Yuxiu<sup>3</sup>, <sup>1</sup>School of Nursing, Jinan University, Guangzhou 510632, China; <sup>2</sup>Department of Metabolic and Bariatric Surgery, <sup>3</sup>Operating Room, The First Affiliated Hospital of Jinan University, Guangzhou 510630, China

Corresponding authors: Qian Yuxiu, Email: 458886185@qq.com; Yang Wah, Email: yangwah@qq.com

**【Abstract】** Metabolic and bariatric surgery (MBS) is an internationally recognized effective and sustained treatment for obesity. More and more studies have confirmed that patients with obesity already have a certain extent of nutritional deficiency before surgery. Due to the changes in the anatomy and function of digestive tract after surgery, patients can lose weight steadily and continuously, while the preoperative nutritional deficiency will also be aggravated, and a series of nutrition-related complications will occur. This article elaborates the mechanism of nutritional deficiency and the treatment of nutritional complications in patients before and after MBS. Combined with clinical experience, it summarizes perioperative nutritional management, so as to provide reference for clinical medical staff to improve the nutritional status of bariatric surgery patients.

**【Key words】** Metabolic and bariatric surgery; Nutrition; Mechanism; Prevention; Treatment; Perioperation

肥胖症是世界范围内普遍存在的一种疾病,并且是导致许多慢性疾病发生、生活质量下降和死亡率上升的主要原因<sup>[1]</sup>。经过不断发展与改良,肥胖代谢外科手术(metabolic and bariatric surgery, MBS)目前被认为是治疗肥胖及其相关疾病最有效且最安全的治疗方法<sup>[2-4]</sup>,最常用的术式包括腹腔镜袖状胃切除术(laparoscopic sleeve gastrectomy, LSG)和腹腔镜胃旁路术(laparoscopic sleeve Roux-

en-Y gastric bypass, LRYGB)<sup>[5-8]</sup>。尽管传统观念认为肥胖是营养过剩所导致,但本质上它是营养不良的表现。研究表明,肥胖患者在减重术前存在一定程度的营养缺乏<sup>[9]</sup>,若不加以纠正和干预,给予规范的营养指导,术后患者相应的营养缺乏则会加重,出现一系列营养并发症、术后复胖及需要再次手术等问题,直接影响患者的生活质量,严重时危及患者生命<sup>[10]</sup>。本文对肥胖患者MBS前后常见的营养素代谢变化及其发生机制、营养缺乏并发症的防治相关文献进行综述,并根据临床经验总结围手术期的营养管理,为改善肥胖患者减重手术前后的营养状况提供依据。

DOI: 10.3877/cma.j.issn.2095-9605.2022.03.009

作者单位: 510632 广州,暨南大学护理学院<sup>1</sup>; 510630 广州,暨南大学附属第一医院减重中心<sup>2</sup>; 手术室<sup>3</sup>

通信作者: 钱玉秀, Email: 458886185@qq.com; 杨华, Email: yangwah@qq.com

qq.com

## 一、MBS患者手术前后宏量营养素缺乏

### 1. 蛋白质缺乏

肥胖患者在选择食物时更倾向于高脂肪高能量的不均衡饮食,蛋白质含量相对较低,从而容易造成蛋白质缺乏。蛋白质缺乏表现为肌肉量减少、虚弱、脱发,随着严重程度增加,会出现全身水肿<sup>[11]</sup>。一项研究<sup>[12]</sup>对43例行MBS的肥胖症患者资料进行回顾性分析,结果显示白蛋白与前白蛋白缺乏的发病率分别为2.3%和15.4%。另一项针对577名华人、马来西亚人以及印度人的前瞻性队列研究<sup>[13]</sup>指出,在肥胖患者术前的营养筛查中,与马来西亚人和印度人相比,中国人的白蛋白缺乏率高达47.1%,考虑可能是由于不同国家的文化差异所导致的饮食习惯不同。但是若患者处于急性炎症时期,会导致血清中白蛋白和前白蛋白下降,因此其诊断价值有限。同时患者脂肪组织过多,也很难通过水肿来识别相应的临床体征。

手术后由于肥胖患者胃容量显著减少,胃肠道解剖结构和胆胰功能改变导致蛋白质消化和吸收不良。且术后早期阶段,患者被要求进食流质饮食,无法摄入大量食物,这些因素导致蛋白质摄入和吸收不足,会延缓伤口愈合,使患者术后长期处于营养不良的风险中<sup>[11]</sup>。Bordalo等人<sup>[14]</sup>指出,减重术后两年内蛋白质缺乏率为13%,而十年后增长至27.9%。Caron等人<sup>[15]</sup>的研究结果表明,LSG术后的患者,5年内白蛋白缺乏率在15%~20%之间。

## 二、MBS手术前后微量营养素缺乏

### 1. 维生素

#### (1) 维生素D缺乏

维生素D缺乏会导致机体对钙的吸收率降低,长此以往会导致骨质疏松和骨软化症。维生素D缺乏症是肥胖人群中最常见的微量营养素异常,缺乏率高达90%<sup>[16]</sup>。Asghari等<sup>[17]</sup>对2 008名接受MBS患者的横断面研究显示,术前有53.6%的患者存在维生素D缺乏。一项Meta分析<sup>[18]</sup>显示,肥胖受试者维生素D缺乏症的发生率比正常人群高35%,比超重人群高24%。这可能是由于肥胖患者活动量较低以及在穿着打扮方面更倾向于遮盖皮肤,或是由于体型及心理原因,肥胖患者更少参加社交活动,暴露在阳光下的机会更少,减少了维生素D的合成。Lee等人<sup>[13]</sup>的研究揭示,维生素D缺乏和继发性甲状旁

腺功能亢进有关,且全段甲状旁腺素(iPTH)和25-羟基维生素D水平之间成反比。此外,也有研究<sup>[19,20]</sup>认为,由于肝脏脂肪变性导致肝脏合成25-羟基维生素D减少,或是由于脂肪组织的增多,贮存在其中的维生素D被稀释,对血液中维生素D的摄取增加,从而造成维生素D的缺乏。

减重术后患者几乎都存在着维生素D缺乏<sup>[16]</sup>。Vix等人<sup>[21]</sup>对100名MBS患者进行随访,结果发现,与RYGB相比,LSG后患者的维生素D改善更为显著,LSG后1年维生素D缺乏症的患病率由术前的84.6%降至48%,而RYGB组的改善并不显著。这与Lanzarini等人<sup>[22]</sup>的结论一致。其原因可能是维生素D是脂溶性维生素,胃旁路术后绕过了主要吸收部位十二指肠、胆盐与食物的混合延迟会导致脂肪吸收受到阻碍,从而减少了维生素D的吸收。

#### (2) 维生素B<sub>1</sub>(硫胺素)缺乏

人体不能内源性产生维生素B<sub>1</sub>,必须从饮食中获取,在摄入不足或吸收不良的情况下,体内有限的维生素B<sub>1</sub>储备会在2~3周内耗尽,同时肥胖者的高碳水化合物的代谢需要更多地消耗身体的硫胺素储备,这进一步加速其消耗<sup>[11]</sup>。据报道,肥胖患者术前维生素B<sub>1</sub>缺乏的患病率为29%<sup>[16]</sup>。笔者所在团队<sup>[23]</sup>对接受MBS的269名患者进行术前营养分析结果显示维生素B<sub>1</sub>缺乏率为39.2%,仅次于维生素D(78.8%)。与白种人相比,西班牙裔和非洲裔美国人的维生素B<sub>1</sub>缺乏的患病率更高<sup>[24]</sup>,这可能与不同种族及文化背景的饮食差异有关。

减重术后患者维生素B<sub>1</sub>的缺乏率为1%~49%<sup>[16]</sup>。与术前相比,LSG和LRYGB术后1年内维生素B<sub>1</sub>缺乏的比例均会增加,但在RYGB术后更显著。究其原因是维生素B<sub>1</sub>主要通过主动转运在十二指肠吸收,胃旁路术后肠道选择性旷置导致其吸收不良,同时由于术后恶心呕吐导致口服摄入量减少<sup>[25]</sup>。术后患者又因维生素B<sub>1</sub>缺乏,引起胃空肠吻合口狭窄和溃疡导致摄入不足、加重术后呕吐,使维生素B<sub>1</sub>水平进一步下降,形成恶性循环。此外,也有研究认为其机制是术后小肠细菌过度生长产生硫胺酶而导致硫胺素吸收不良<sup>[26]</sup>。

#### (3) 维生素B<sub>12</sub>(钴胺素)缺乏

维生素B<sub>12</sub>主要存在于动物蛋白中,肥胖者的日常饮食中可能含有更多的碳水化合物和脂肪,而含

有维生素B<sub>12</sub>的动物蛋白则较少。减重手术前患者维生素B<sub>12</sub>缺乏症的患病率为2%~18%<sup>[16]</sup>。有研究显示,超重和肥胖人群的维生素B<sub>12</sub>水平低于正常体重的个体,而维生素B<sub>12</sub>的水平与BMI之间存在明显的负相关<sup>[27]</sup>。值得关注的是,肥胖患者用来治疗糖尿病和胃食管反流病的二甲双胍和质子泵抑制剂已被证明可能会增加维生素B<sub>12</sub>缺乏的风险<sup>[28-29]</sup>。

减重术后维生素B<sub>12</sub>的缺乏率为4%~20%<sup>[16]</sup>。术后维生素B<sub>12</sub>的缺乏在接受LRYGB的患者中的发生率大于接受LSG的患者<sup>[30]</sup>,主要机制是胃切除术后内因子分泌减少,维生素B<sub>12</sub>的吸收又依赖于壁细胞分泌的内因子,两者结合后在回肠末端被吸收,LSG并未改变这部分结构,而在RYGB中这部分被旷置。

#### (4) 叶酸缺乏

叶酸是机体生长发育和繁殖所必需的营养素,一般存在于动物肝脏和绿叶蔬菜中。肥胖患者术前的叶酸缺乏率高达54%<sup>[16]</sup>。Van等人<sup>[31]</sup>对407名LSG术患者进行术前调查,发现叶酸缺乏率达到24%,这可能主要与患者术前对富含叶酸的食物摄入缺乏有关。另有研究发现,与正常体重的女性相比,肥胖和超重的女性人群叶酸分别下降了22%和12%<sup>[32]</sup>。Bradbury等人<sup>[33]</sup>的研究结果,BMI每增加1 kg/m<sup>2</sup>,血清叶酸浓度平均下降1%恰好解释了这一点。

减重术后65%的患者存在叶酸缺乏症<sup>[16]</sup>。国内外对相关机制报道甚少,主要认为叶酸缺乏是摄入不足和胃酸分泌减少。在Van<sup>[31]</sup>的研究中,LSG患者术后一年叶酸的缺乏率从术前的24%降至12.5%,范美龄<sup>[34]</sup>的研究结果显示,患者术后一年内的平均叶酸水平较术前有明显提高。两项研究均显示术后叶酸缺乏率会下降,可能与体重减轻有关,但具体机制尚不清楚,需待进一步研究。

## 2. 矿物质

### (1) 铁缺乏

铁是体内含量最多的微量元素,肥胖者术前缺铁的患病率高达45%<sup>[16]</sup>。在以色列的一项研究中,收集了872名肥胖患者的术前评估数据,排名前三位的营养素缺乏分别为维生素D(75.2%)、铁(42.6%)和叶酸(28.5%),铁缺乏在BMI高的亚组中发生率更高<sup>[35]</sup>。若患者缺铁,可能会在出现缺铁性贫血(iron deficiency anaemia, IDA)之前出现许多其他症状,

如疲劳、头晕、肤色苍白、口腔溃疡、指甲破裂、易怒和脱发等。

减重患者术后铁缺乏的患病率估计在30%~60%<sup>[11]</sup>。一项纳入了388名减重手术患者的回顾性研究结果表明,术后三年内,随着随访时间的延长,缺铁和IDA的发生率增加<sup>[36]</sup>。其机制包括绕过铁吸收的主要部位(十二指肠及近端空肠)、术后胃酸减少、服用质子泵抑制剂或H<sub>2</sub>受体阻滞药、食物中摄入铁不足、含铁食物的不耐受等。此外,研究表明幽门螺旋杆菌感染和胃肠道慢性失血也会加重铁的缺乏,使口服铁剂治疗无效<sup>[37]</sup>。

### (2) 锌缺乏

锌是体内第二丰富的微量元素,不同研究报道的术前锌缺乏的发病率有所不同。一项Meta分析<sup>[38]</sup>显示,在接受MBS的患者中,有50%的患者术前存在锌缺乏症。但在Salle等人<sup>[39]</sup>的另一项研究中,术前锌的缺乏率较低,仅为9%。术前锌缺乏的机制是肥胖者与瘦人相比,血浆和红细胞中的锌浓度低,而尿中的排泄量较高。目前国内外关于减重术前锌缺乏的研究不多,在现有的研究中样本较少,其患病率和机制有待进一步研究。

减重术后患者缺锌的患病率为19%~70%<sup>[16]</sup>。在Salle等人<sup>[38]</sup>的研究中,减重术后12个月时的锌缺乏率达到42.5%,血浆锌浓度与血浆前白蛋白的浓度呈正线性相关。手术后缺锌可能是由于多种机制引起的,一方面是因为RYGB术后绕过了锌的吸收部位,另一方面是膳食锌摄入不足。一项研究发现,几乎所有患者在RYGB后2个月以及减肥手术后2年内锌摄入量都不足<sup>[40]</sup>。术后患者往往摄入肉类较少,而60%的锌来自于肉类,同时由于绕过了吸收部位和消化酶的减少,锌在患者体内的生物利用度受到限制,这也会影响锌的状态。

## 三、MBS术后营养缺乏并发症的防治

### 1. 贫血

据报道,33%~49%的患者在减重手术后2年内出现贫血<sup>[41]</sup>。缺铁是术后贫血最常见的原因。美国代谢病与肥胖症外科学会(American Society for Metabolic and Bariatric Surgery, ASMBS)指南<sup>[42]</sup>推荐,确诊IDA后,每日补充150~200 mg的铁元素,可以通过硫酸亚铁、富马酸亚铁或葡萄糖酸亚铁的形式补充,可以同服维生素C以促进铁的吸收。若

口服治疗效果不理想,应予以静脉补充。此外,英国肥胖代谢外科学会(British Obesity and Metabolic Surgery Society, BOMSS)指南<sup>[43]</sup>建议育龄和月经的妇女每天额外需要50~100 mg元素铁。

维生素B<sub>12</sub>和叶酸缺乏也与术后贫血高度相关。ASMBS推荐减重术后患者每天口服1 000 µg 维生素B<sub>12</sub>补充剂,持续10~15 d,达到正常浓度之后每日补充350~500 µg<sup>[41]</sup>。而BOMSS认为高剂量的口服仍可能出现维生素B<sub>12</sub>缺乏症,建议常规进行3个月的维生素B<sub>12</sub>肌肉注射<sup>[43]</sup>。术后叶酸缺乏的患者应每天口服1 000 µg的叶酸以达到正常水平,然后恢复推荐剂量(400 µg/d)以维持正常水平。但是不建议每天补充超过1 mg的叶酸,因为可能会掩盖维生素B<sub>12</sub>缺乏<sup>[16]</sup>。

## 2. Wernicke脑病

由于硫胺素(维生素B<sub>1</sub>)的身体储存量较低,大多数患者在减肥手术后几天或几周的反复呕吐后出现这种情况<sup>[44]</sup>。Wernicke脑病的典型三联征为意识混乱、眼动异常和共济失调,严重时危及生命。一项纳入了84例减重手术患者的研究显示,有94%(79例)患者在术后6个月内发病,主要的危险因素是静脉注射葡萄糖时未加维生素B<sub>1</sub>和频繁恶心呕吐<sup>[45]</sup>。怀疑出现脑病后应立即治疗,同时补充维生素B<sub>1</sub>,ASMBS指南建议应静脉给予500 mg/d的维生素B<sub>1</sub>,持续3~5 d,随后250 mg/d直至症状消失,此后每日口服100 mg,直到风险因素消除<sup>[42]</sup>。

## 3. 脱发

一项Meta分析<sup>[46]</sup>显示,减重术后患者脱发的发生率为57%。脱发并非是严重的术后并发症,但随着人们对自己外貌的标准和要求不断提高,它已然成为减重患者术后最关注的问题之一。目前认为最普遍的原因是蛋白质、铁和锌缺乏。ASMBS建议蛋白质的补充应根据患者的年龄、性别和体重进行个性化的评估和指导,最低蛋白摄入量为每天60 g或1.5 g/kg<sup>[42]</sup>。因没有足够的证据支持,目前指南尚未提出术后锌的补充剂量,仅推荐服用含矿物质的复合维生素。但有研究建议每日补充锌8~22 mg<sup>[47]</sup>。需要注意的是,接受锌缺乏治疗或使用补充锌治疗脱发的患者每8~15 mg锌应补充1 mg铜,因为锌的大量补充会导致铜缺乏<sup>[48]</sup>。

## 4. 骨质疏松和骨折

减重术后患者的骨质疏松和骨折是骨质流失的表现。接受减重手术的患者骨折的风险增加约1.2倍,主要部位是髌关节<sup>[41]</sup>。潜在机制是钙和维生素D缺乏、继发性甲状腺功能亢进以及术后体重急剧下降导致骨骼负荷迅速减低造成骨质流失<sup>[49]</sup>。此外,有研究显示骨质流失程度取决于手术方式,胃旁路术比袖状胃切除术后骨折的发生率高<sup>[50]</sup>。ASMBS指南建议每日补充至少2 000~3 000 IU维生素D直至25-羟基维生素D水平>30 ng/mL,同时可服用1 200~1 500 mg钙以促进吸收<sup>[42]</sup>。此外,还需加强户外活动,多晒太阳,遵照患者的骨密度检查动态调整补充剂量,纠正高危患者的营养缺乏<sup>[49]</sup>。

## 四、MBS围手术期营养管理

目前,接受MBS前后患者的营养状况越来越引起重视,围手术期的营养管理也至关重要。笔者结合所在减重中心开展MBS的临床经验,总结MBS围手术期的营养管理如下,希望对临床工作有所帮助。

### 1. 术前营养管理

#### (1) 营养评估

MBS之前对患者的营养状况进行评估,在术后管理中起着重要作用。术前的营养评估主要依据人体测量、实验室检查以及进食行为评估。人体测量的主要内容有身高、体重、颈围、胸围、腰围、臀围,以及身体成分分析。实验室检查的内容有常规术前检查以及营养状况检查,营养状况检查包括维生素B<sub>12</sub>、叶酸、25-羟基维生素D、血清铁;维生素A和维生素E可选做;可根据症状和风险考虑对接受吸收不良手术的患者进行更广泛的检测。最后评估患者有无暴饮暴食、催吐、酗酒等不良进食行为。

#### (2) 饮食指导

对患者术前饮食结构和摄入量进行指导,使病人做好长期饮食调整的心理准备,低脂、低能量、高蛋白质减重饮食(能量800~1 000 kcal/d),多喝水,减少高糖、高脂等外卖食品的摄入;鼓励患者尝试少量多次进食,以适应术后胃容量限制状态下的进食方式。术前应戒烟酒,糖尿病患者需严格控制血糖水平,减少术后的不良影响。多项研究建议术前应对存在营养缺乏的患者进行纠正<sup>[51-53]</sup>,然而由于其会延长术前准备时间,增加患者住院费用,在多数患者中并未得到施行。

#### (3) 术前减重

术前减重不仅减少腹部脂肪体积和肝脏大小、提高手术成功率,还可以降低术后并发症的发生率,增强患者的自信心,达到更好的长期减重效果<sup>[54]</sup>,然而是否有必要进行术前减重还存在争议。但是对 BMI $\geq 50$  kg/m<sup>2</sup> 的患者,推荐常规使用术前减肥方案,降低 5% 以上的体质量。在调整饮食结构的同时辅以适度运动,先评估患者的心肺功能,再制定符合其身体状况的运动计划,一般包括有氧运动和力量训练。若条件限制,在院期间有氧运动可以以散步为主,逐步增加散步时间与速度;同时使用重量适中的物品进行上下肢的力量训练。

#### (4) 健康宣教

包括对饮食以及运动的指导,同时向病人提供详细的 MBS 相关资料,讲解全程营养管理的必要性,使病人对手术本身以及围手术期的营养管理有全面、深入的了解。

### 2. 术后营养管理

#### (1) 短期饮食指导

国外指南提出, MBS 术后 2 h 内即可进食清流质,这一观点在我国并未达成共识<sup>[55]</sup>。目前我们认为手术当天视情况应禁饮禁食,术后用温水漱口,鼓励患者闻新鲜柠檬从而缓解口渴、减轻恶心呕吐。术后第 1 周内应清流质饮食,术后第 1 天,可尝试小口饮用温水,逐渐转变为兑水的功能饮料,每次 10~20 mL,总量 300~600 mL;第 2 天可进食无渣兑水的蔬菜或水果汁、米汤,总量增至 600~1 000 mL;第 3 天增加无渣的肉汤菜汤,总量 1 000~1 200 mL;此后第 4 至 7 天的入量增至 1 200~2 000 mL。每两次进食间隔 30~60 min,每日的摄入量需达标。

#### (2) 构建饮食习惯

良好的饮食习惯是长期减重的基础。指导患者术后 3 个月内由清流质逐渐过渡到低脂普食,若固体食物不能耐受,应退回到软食阶段;以低碳水化合物、低脂、高蛋白饮食为主,规律进食,充分咀嚼食物后小口慢咽,避免高糖、高热量和刺激性食物;每日饮水量应达到 2 000 mL 左右;切勿大口进食、过度饮食以及吸烟饮酒。

#### (3) 出院指导及长期随访

定期返院复查,术后 1、3、6、12 个月,此后每年一次,常规监测营养素水平。饮食按照营养指导进行,并按照推荐量补充蛋白质、各类维生素及微量元

素;可辅以专为减重手术人群设计的营养补充代餐食品或固体饮料。术后第三周起服用熊去氧胆酸,至少服用 6 个月,预防胆囊结石。可根据个人情况进行适量的运动,每周 150~300 min。定时自测体重,记录体重变化。若出现腹痛、胃食管反流等不适应及时就诊。

### 五、小结与展望

肥胖患者减重手术前后普遍存在着营养素代谢紊乱,若不及时处理,会导致术后发生一系列营养并发症,给机体带来危害,医护人员应高度重视围手术期营养管理,尤其是术前筛查和正确补充<sup>[56]</sup>。国际指南也提出,减重术后患者均需常规补充复合维生素和微量元素。同时应督促患者定期随访,关注相关指标,以便尽早发现各种并发症<sup>[57]</sup>。

随着 MBS 的不断发展,目前国内外对减重患者手术前后的营养状况研究不断深入,但何种术式会导致何种营养不良、术后营养素的补充剂量如何界定以及围手术期的营养管理问题等,仍存在争议。在我国,现有的研究中也面临样本量小,随访时间短的问题。临床医护人员应多关注以上问题,开展相关研究,对肥胖患者手术前后进行更高效的营养管理。

### 参考文献

- [1] Parrott JM, Craggs-Dino L, Faria SL, et al. The optimal nutritional programme for bariatric and metabolic surgery [J]. Curr Obes Rep, 2020, 9(3): 326-338.
- [2] Arterburn DE, Telem DA, Kushner RF, et al. Benefits and risks of bariatric surgery in adults: a review [J]. JAMA, 2020, 324(9): 879-887.
- [3] Schauer PR, Bhatt DL, Kirwan JP, et al. Bariatric surgery versus intensive medical therapy for diabetes-5-year outcomes [J]. N Engl J Med, 2017, 376(7): 641-651.
- [4] Gloy VL, Briel M, Bhatt DL, et al. Bariatric surgery versus non-surgical treatment for obesity: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials [J]. BMJ, 2013, 347: f5934.
- [5] 中国医师协会外科医师分会肥胖和糖尿病外科医师委员会, 中国肥胖代谢外科研究协作组. 中国肥胖代谢外科数据库: 2021 年度报告 [J/CD]. 中华肥胖与代谢病电子杂志, 2022, 8(1): 15-23.
- [6] 杨华, 陈缘, 董志勇, 等. 中国肥胖代谢外科数据库: 2020 年度报告 [J/CD]. 中华肥胖与代谢病电子杂志, 2021, 7(1): 1-7.
- [7] 杨华, 陈缘, 王存川. 中国肥胖代谢外科数据库: 2019 年度报告 [J/CD]. 中华肥胖与代谢病电子杂志, 2020, 6(3): 143-149.
- [8] 杨华, 张鹏, 董志勇, 等. 中国肥胖代谢外科手术方式推荐立场声明 [J/CD]. 中华肥胖与代谢病电子杂志, 2021, 7(1): 8-12.
- [9] 邱晨, 褚蔚慧, 孙喜太. 接受代谢手术者术前及术后营养状况的研究

- 进展[J]. 东南大学学报(医学版), 2016, 35(4): 635-640.
- [10] 陈伟, 潘慧. 减重手术的营养及内分泌代谢相关并发症管理[J]. 中国医学科学院学报, 2011, 33(3): 228-231.
  - [11] Mohapatra S, Gangadharan K, Pitchumoni CS. Malnutrition in obesity before and after bariatric surgery[J]. *Dis Mon*, 2020, 66(2): 100866.
  - [12] 李伟婧, 石晓磊, 孙振, 等. 肥胖患者减重代谢手术前营养状况评价[J]. 国际外科学杂志, 2021, 48(5): 323-326.
  - [13] Lee PC, Ganguly S, Dixon JB, et al. Nutritional deficiencies in severe obesity: a multiethnic asian cohort[J]. *Obes Surg*, 2019, 29(1): 166-171.
  - [14] Bordalo LA, Teixeira TF, Bressan J, et al. Bariatric surgery: how and why to supplement[J]. *Rev Assoc Med Bras* (1992), 2011, 57(1): 113-120.
  - [15] Caron M, Hould FS, Lescelleur O, et al. Long-term nutritional impact of sleeve gastrectomy[J]. *Surg Obes Relat Dis*, 2017, 13(10): 1664-1673.
  - [16] Parrott J, Frank L, Rabena R, et al. American Society for Metabolic and Bariatric Surgery Integrated Health Nutritional Guidelines for the Surgical Weight Loss Patient 2016 Update: Micronutrients[J]. *Surg Obes Relat Dis*, 2017, 13(5): 727-741.
  - [17] Asghari G, Khalaj A, Ghadimi M, et al. Prevalence of Micronutrient Deficiencies Prior to Bariatric Surgery: Tehran Obesity Treatment Study (TOTS)[J]. *Obes Surg*, 2018, 28(8): 2465-2472.
  - [18] Pereira-Santos M, Costa PR, Assis AM, et al. Obesity and vitamin D deficiency: a systematic review and meta-analysis[J]. *Obes Rev*, 2015, 16(4): 341-349.
  - [19] Targher G, Bertolini L, Scala L, et al. Associations between serum 25-hydroxyvitamin D3 concentrations and liver histology in patients with non-alcoholic fatty liver disease[J]. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 2007, 17(7): 517-524.
  - [20] Drincic AT, Armas LA, Van Diest EE, et al. Volumetric dilution, rather than sequestration best explains the low vitamin D status of obesity[J]. *Obesity* (Silver Spring), 2012, 20(7): 1444-1448.
  - [21] Vix M, Liu KH, Diana M, et al. Impact of Roux-en-Y gastric bypass versus sleeve gastrectomy on vitamin D metabolism: short-term results from a prospective randomized clinical trial[J]. *Surg Endosc*, 2014, 28(3): 821-826.
  - [22] Lanzarini E, Nogués X, Goday A, et al. High-dose vitamin d supplementation is necessary after bariatric surgery: a prospective 2-year follow-up study[J]. *Obes Surg*, 2015, 25(9): 1633-1638.
  - [23] Guan BS, Yang JG, Chen YY, et al. Nutritional deficiencies in chinese patients undergoing gastric bypass and sleeve gastrectomy: prevalence and predictors[J]. *Obes Surg*, 2018, 28(9): 2727-2736.
  - [24] Flancbaum L, Belsley S, Drake V, et al. Preoperative nutritional status of patients undergoing Roux-en-Y gastric bypass for morbid obesity[J]. *J Gastrointest Surg*, 2006, 10(7): 1033-1037.
  - [25] Arias PM, Domeniconi EA, García M, et al. Micronutrient deficiencies after roux-en-y gastric bypass: long-term results[J]. *Obes Surg*, 2020, 30(1): 169-173.
  - [26] Lakhani SV, Shah HN, Alexander K, et al. Small intestinal bacterial overgrowth and thiamine deficiency after Roux-en-Y gastric bypass surgery in obese patients[J]. *Nutr Res*, 2008, 28(5): 293-298.
  - [27] Ozer S, Sonmezgoz E, Demir O. Negative correlation among vitamin B12 levels, obesity severity and metabolic syndrome in obese children: A case control study[J]. *J Pak Med Assoc*, 2017, 67(11): 1648-1653.
  - [28] Liu QL, Li SY, Quan H, et al. Vitamin B12 status in metformin treated patients: systematic review[J]. *PLoS One*, 2014, 9(6): e100379.
  - [29] Heidelbaugh JJ. Proton pump inhibitors and risk of vitamin and mineral deficiency: evidence and clinical implications[J]. *Ther Adv Drug Saf*, 2013, 4(3): 125-33.
  - [30] Antoniewicz A, Kalinowski P, Kotulecka KJ, et al. Nutritional deficiencies in patients after roux-en-y gastric bypass and sleeve gastrectomy during 12-month follow-up[J]. *Obes Surg*, 2019, 29(10): 3277-3284.
  - [31] Van Rutte PW, Aarts EO, Smulders JF, et al. Nutrient deficiencies before and after sleeve gastrectomy[J]. *Obes Surg*, 2014, 24(10): 1639-46.
  - [32] Ortega RM, López-Sobaler AM, Andrés P, et al. Folate status in young overweight and obese women: changes associated with weight reduction and increased folate intake[J]. *J Nutr Sci Vitaminol* (Tokyo), 2009, 55(2): 149-155.
  - [33] Bradbury KE, Williams SM, Mann JI, et al. Estimation of serum and erythrocyte folate concentrations in the New Zealand adult population within a background of voluntary folic acid fortification[J]. *J Nutr*, 2014, 144(1): 68-74.
  - [34] 范美龄. 肥胖患者腹腔镜胃袖状切除术后营养元素的变化研究[D]. 广州: 暨南大学, 2020.
  - [35] Ben-Porat T, Weiss R, Sherf-Dagan S, et al. Nutritional deficiencies in patients with severe obesity before bariatric surgery: what should be the focus during the preoperative assessment? [J]. *J Acad Nutr Diet*, 2020, 120(5): 874-884.
  - [36] Gowanlock Z, Lezhanska A, Conroy M, et al. Iron deficiency following bariatric surgery: a retrospective cohort study[J]. *Blood Adv*, 2020, 4(15): 3639-3647.
  - [37] Hershko C, Hoffbrand AV, Keret D, et al. Role of autoimmune gastritis, *Helicobacter pylori* and celiac disease in refractory or unexplained iron deficiency anemia[J]. *Haematologica*, 2005, 90(5): 585-595.
  - [38] Mahawar KK, Bhasker AG, Bindal V, et al. Zinc deficiency after gastric bypass for morbid obesity: a systematic review[J]. *Obes Surg*, 2017, 27(2): 522-529.
  - [39] Sallé A, Demarsy D, Poirier AL, et al. Zinc deficiency: a frequent and underestimated complication after bariatric surgery[J]. *Obes Surg*, 2010, 20(12): 1660-1670.
  - [40] Cominetti C, Garrido AB Jr, Cozzolino SM. Zinc nutritional status of morbidly obese patients before and after Roux-en-Y gastric bypass: a preliminary report[J]. *Obes Surg*, 2006, 16(4): 448-53.
  - [41] Mechanick JI, Apovian C, Brethauer S, et al. Clinical Practice Guidelines for the Perioperative Nutrition, Metabolic, and Nonsurgical Support of Patients Undergoing Bariatric Procedures-2019 Update: Cosponsored by American Association of Clinical Endocrinologists/American College of Endocrinology, The Obesity Society, American Society for Metabolic and Bariatric Surgery, Obesity Medicine Association, and American Society of Anesthesiologists[J]. *Obesity* (Silver Spring), 2020, 28(4): O1-O58.
  - [42] Mechanick JI, Youdim A, Jones DB, et al. Clinical practice guidelines for the perioperative nutritional, metabolic, and nonsurgical support of the bariatric surgery patient—2013 update: cosponsored by American Association of Clinical Endocrinologists, the Obesity Society, and

- American Society for Metabolic & Bariatric Surgery [J]. *Endocr Pract*, 2013, 19(2): 337-72.
- [43] O'Kane M, Parretti HM, Pinkney J, et al. British Obesity and Metabolic Surgery Society Guidelines on perioperative and postoperative biochemical monitoring and micronutrient replacement for patients undergoing bariatric surgery-2020 update [J]. *Obes Rev*, 2020, 21(11): e13087.
- [44] Nuzzo A, Czernichow S, Hertig A, et al. Prevention and treatment of nutritional complications after bariatric surgery [J]. *Lancet Gastroenterol Hepatol*, 2021, 6(3): 238-251.
- [45] Aasheim ET. Wernicke encephalopathy after bariatric surgery: a systematic review [J]. *Ann Surg*, 2008, 248(5): 714-720.
- [46] Zhang W, Fan ML, Wang CC, et al. Hair Loss After Metabolic and Bariatric Surgery: a Systematic Review and Meta-analysis [J]. *Obes Surg*, 2021, 31(6): 2649-2659.
- [47] Argyrakopoulou G, Konstantinidou SK, Dalamaga M, et al. Nutritional deficiencies before and after bariatric surgery: prevention and treatment [J]. *Curr Nutr Rep*, 2022.
- [48] Zhang W, Fan ML, Wang CC, et al. Importance of maintaining zinc and copper supplement dosage ratio after metabolic and bariatric surgery [J]. *Obes Surg*, 2021, 31(7): 3339-3340.
- [49] Paccou J, Martignène N, Lespessailles E, et al. Gastric bypass but not sleeve gastrectomy increases risk of major osteoporotic fracture: french population-based cohort study [J]. *J Bone Miner Res*, 2020, 35(8): 1415-1423.
- [50] Stein EM, Silverberg SJ. Bone loss after bariatric surgery: causes, consequences, and management [J]. *Lancet Diabetes Endocrinol*, 2014, 2(2): 165-174.
- [51] van der Beek ESJ, Monpellier VM, Eland I, et al. Nutritional deficiencies in gastric bypass patients; incidence, time of occurrence and implications for post-operative surveillance [J]. *Obesity surgery*, 2015, 25(5): 818-823.
- [52] Deledda A, Pintus S, Loviselli A, et al. Nutritional management in bariatric surgery patients [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(22):12049.
- [53] Riva-Moscato A, Martinez-Rivera RN, Cotrina-Susanibar G, et al. Factors associated with nutritional deficiency biomarkers in candidates for bariatric surgery: a cross-sectional study in a peruvian high-resolution clinic [J]. *Nutrients*, 2021, 14(1):82.
- [54] Thibault R, Huber O, Azagury DE, et al. Twelve key nutritional issues in bariatric surgery [J]. *Clin Nutr*, 2016, 35(1):12-17.
- [55] 中国研究型医院学会糖尿病与肥胖外科专业委员会.减重与代谢外科加速康复外科原则中国专家共识(2021版) [J].*中华消化外科杂志*, 2021, 20(8):841-845.
- [56] Yang W, Abbott S, Borg CM, et al. Global variations in preoperative practices concerning patients seeking primary bariatric and metabolic surgery (PACT Study): A survey of 634 bariatric healthcare professionals [J]. *Int J Obes (Lond)*, 2022.
- [57] 中国医师协会外科医师分会肥胖和糖尿病外科医师委员会, 中国肥胖代谢外科研究协作组. 肥胖代谢外科个案管理中国专家共识(2022版) [J/CD]. *中华肥胖与代谢病电子杂志*, 2022, 08(1): 1-8.
- (收稿日期: 2022-05-20)  
(本文编辑: 郭菲菲 胡楠)

张玉, 高丽莲, 杨华, 等. 减重手术与营养缺乏: 机制、预防与治疗 [J/CD]. *中华肥胖与代谢病电子杂志*, 2022, 8(3): 197-203.