

精准肥胖代谢外科理念在腹腔镜 Roux-en-Y 胃旁路术中的应用

杨熠 陈文辉 董志勇 王存川

暨南大学附属第一医院胃肠外科/减重中心, 广州 510630

通信作者: 王存川, Email: twcc@jnu.edu.cn

【摘要】 由于肥胖本身的复杂性和异质性, 导致肥胖症的诊疗方法个体化差异较大。通过改变生活方式和饮食结构、采用行为疗法以及使用已经批准的减肥药物治疗肥胖和糖尿病患者, 可以实现 5%~10% 的体质量减轻, 但并非所有患者都可以通过这些非手术的治疗手段获益。与药物治疗相比, 减重代谢手术有更高的 2 型糖尿病缓解率和更低的血管并发症病死率并且可以长期持续减轻体质量。近些年来, 随着精准医学在外科治疗中的发展, 减重外科医生对腹腔镜 Roux-en-Y 胃旁路手术核心理念也发生了改变。手术目的从强调短期体质量大幅下降转变为安全有效地长期控制患者的体质量和并发症。在腹腔镜 Roux-en-Y 胃旁路手术中, 精准减重代谢外科理念主要体现在 3 个方面: 术前的精准评估、术中的精细操作和术后的综合管理。为患者制定精准、个体化的手术治疗方案, 同时利用人工智能和大数据技术, 提高专科数据的标准化是精准腹腔镜 Roux-en-Y 胃旁路手术和减重代谢外科未来发展的新方向。

【关键词】 精准医疗; 肥胖代谢外科; Roux-en-Y 胃旁路术; 减重手术

基金项目: 暨南大学附属第一医院临床前沿新技术项目(暨附一医[2022]70号)

Application of the concept of precision obesity metabolic surgery in laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass

Yang Yi, Chen Wenhui, Dong Zhiyong, Wang Cunchuan

Department of Gastrointestinal Surgery, Department of Bariatric Surgery, the First Affiliated Hospital, Jinan University, Guangzhou 510630, China

Corresponding author: Wang Cunchuan, Email: twcc@jnu.edu.cn

【Abstract】 Due to the complexity and heterogeneity of obesity, the diagnosis and treatment of obesity vary greatly. Five to 10 percent of body weight can be lost through lifestyle modifications, nutritional and behavioral counseling, and the use of approved weight reduction medicines for obesity and diabetes; however, these non-surgical treatments are not effective for all patients. Compared to medical therapy, bariatric surgery is associated with higher rates of type 2 diabetes remission, lower mortality from vascular complications, and long-term, sustained weight loss. With the advent of precision medicine in surgical therapy, bariatric surgeons' fundamental understanding of laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass surgery has evolved in recent years. The objective of surgery has shifted from short-term weight loss to the safe and successful long-term management of patient weight and comorbidities. In laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass surgery, the concept of precision bariatric and metabolic surgery is mainly reflected in three aspects: accurate preoperative assessment, precise intraoperative operation, and comprehensive postoperative management. A new direction for the future development of precision laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass surgery and obesity metabolic surgery is to formulate precise and

DOI: 10.3760/cma.j.cn441530-20220717-00317

收稿日期 2022-07-17 本文编辑 万晓梅

引用本文: 杨熠, 陈文辉, 董志勇, 等. 精准肥胖代谢外科理念在腹腔镜 Roux-en-Y 胃旁路术中的应用[J].

中华胃肠外科杂志, 2022, 25(10): 875-880. DOI: 10.3760/cma.j.cn441530-20220717-00317.



individualized surgical treatment plans for patients and to use artificial intelligence and big data technology to improve the standardization of specialist data.

【Key words】 Precision medicine; Obesity metabolic surgery; Roux-en-Y gastric bypass; Bariatric surgery

Fund program: Clinical Frontier New Technology Project of the First Affiliated Hospital of Jinan University (2022 No.70)

精准医疗理念目前已贯穿于疾病的预防、诊断和治疗全过程。在外科手术领域,随着现代影像技术、诊断技术、器械设备以及基因组学的发展和革新,外科手术也正在向更精准、更微创的方向发展^[1]。减重代谢外科手术是治疗经饮食或生活习惯改变以及规律的内科治疗无法控制体质量及代谢合并症的最有效、作用最持久的方法^[2]。然而,对于不同体质指数(body mass index, BMI)、年龄、性别或不同代谢合并症的患者,采用不同手术方案、手术操作或术后随访方案,可能会产生不同的减重或代谢疾病缓解效果^[3]。因此,更需要精准减重代谢外科的理念来进一步指导临床。

我们中心于 2011 年提出“精准减重外科”概念^[4]。随后进一步提出“精准肥胖外科”的概念,即以注重高精度、高效度的规划,并以微创、可视和可控为要求,将现代科学理论和技术与传统外科方法进行综合优化,以实现最小创伤侵袭、最大脏器保护、最低医疗耗费和最佳减重效果为理想目标^[5]。精准肥胖外科理念在腹腔镜 Roux-en-Y 胃旁路术(laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass, LRYGB)中是如何体现和应用,我们团队曾初步阐述精准胃旁路术的概念^[6]。随着肥胖代谢外科的发展、临床实践以及证据的积累,本文将进一步阐述精准肥胖外科理念在 LRYGB 中的应用和具体内容。

一、精准 LRYGB 的具体实施内容

精准 LRYGB 的内容遵循精准肥胖外科的内容和要求^[5]。对于精准 LRYGB 自身的特点、复杂的手术步骤和术后可能的并发症,其在术前的评估、术中精细的操作和术后综合管理等方面有着不同或更高的要求。

(一)术前详细评估肥胖及相关合并症、精确把握手术适应证

肥胖的分类和诊断往往是基于 BMI,通过不同等级 BMI 对肥胖进行分类,可以从超重直到病态肥胖^[7]。大部分行 LRYGB 的患者是合并有高血压或 2 型糖尿病等代谢性疾病。因此,除了 BMI,精准 LRYGB 的术前评估还需要关注其他可能对糖尿病

缓解率有影响的因素,例如腰围、年龄、胰岛功能和相关合并症等。一项 Meta 分析研究结果表明,术前腰围越小,越有助于提高 LRYGB 术后的糖尿病缓解率^[8]。Lee 等^[9]研究提出术前针对糖尿病的 ABCD 评分法来预测 2 型糖尿病的缓解效果,即对 A(年龄,age)、B(体质指数, BMI)、C(C 肽,评估胰岛功能)和 D(病程,duration)这 4 项进行评分,分数越高则术后 2 型糖尿病的缓解率越大。因此, LRYGB 手术前需要详细评估肥胖及相关的合并症,特别是腰围和胰岛功能等,并对 2 型糖尿病的预期效果进行相关评分系统的预测,严格参考指南规定,精确把握适应证。

(二)术中符合生理解剖的精细操作

纵观肥胖代谢外科的发展历程,减重代谢手术因其患者的特殊性,从诞生之初,便一直朝着微创化不断发展。随着肥胖代谢外科的发展以及腹腔镜器械设备的发展,肥胖代谢外科手术也越来越精细化,对于外科医生来说,术中的精细操作是保证手术成功的基石,而精准 LRYGB 的核心理念就是要求达到精准规范的手术操作,具体要做到以下几点。

1. 不盲目追求“微创”而刻意减少穿刺孔数目:与腹腔镜袖状胃切除术(laparoscopic sleeve gastrectomy, LSG)相比, LRYGB 手术更复杂,步骤更多,操作更困难,需要在多个腹部象限中进行手术操作,这使减孔在 LRYGB 中的应用相较 LSG 在技术上更具挑战性。随着腹腔镜技术的进步及手术器械的发展,减孔甚至单孔的 LRYGB 也逐渐在临床上开展。中国台湾的李威杰教授对比了单孔与传统多孔 LRYGB 的疗效,结果表明,单孔 LRYGB 是一种安全可行的技术,并具有出色的美容效果,但单孔手术组有 20% 的患者在术中使用了额外的穿刺孔^[10]。这说明在保证安全的情况下减孔是可行的,但是过度追求减少穿刺孔,不仅对手术的学习曲线和操作技术有较高的要求,也可能带来严重的术后并发症。因此,精准 LRYGB 的要求是避免盲目减孔,通常可采用 5 孔法或 6 孔法,根

据术中需要,在保证安全的前提条件下,适当增孔或减孔。

2. 术中精确测量胃小囊的大小、小肠旷置长度和吻合口的大小:减重代谢手术后复胖是肥胖外科医生需要面对的一大难题。有研究表明,LRYGB术后的胃小囊的长度、体积大小及胃空肠吻合口的直径与术后体质量减轻呈负相关^[11]。Riccioppo等^[12]研究了LRYGB术后胃囊大小与胃排空速度的关系,发现体积<30 ml的胃小囊,胃排空速率更快;而胃囊排空加速与更高的体质量减轻维持率以及后期随访中更好的食物耐受性有关。胃空肠吻合口的大小与术后体质量减轻及术后复胖也有着密切的关系。Ramos等^[13]对128例接受了LRYGB手术的患者进行了2年随访,结果显示,与大吻合口组(45 mm)相比,小吻合口组(15 mm)术后2年的BMI降低得更多。

另外,人体的小肠长度差异很大,术中精准测量小肠的长度,确定合适的胆胰支及营养支长度是精准LRYGB操作的要点之一。一项针对术中旷置小肠长度的Meta分析显示,胆胰支和营养支的长度相加在100~200 cm之间时,LRYGB可以达到最佳的手术效果^[14]。Smelt等^[15]对比了不同长度的胆胰支对体质量减轻、术后胃肠道并发症及维生素缺乏的影响,研究结果显示,150 cm的胆胰支与LRYGB后2年更多的多余体质量减少百分比(percentage of excess weight loss, %EWL)和总体质量减少百分比(percentage of total weight loss, %TWL)相关。然而,更长的胆胰支伴随着腹泻和脂肪泻的增加,严重影响患者术后的生活质量。但是在高BMI的患者中,长胆胰支可能带来更好的术后效果。Eskandaros和Abbass^[16]在BMI为40~50 kg/m²的患者中,开展了一项对比标准胆胰支长度(50 cm)与长胆胰支长度(100 cm)LRYGB术后效果的研究,发现长胆胰支的应用有助于在较长时间内实现更高的体质量减轻,并且能够更好地缓解高BMI患者的糖尿病、高血压和血脂异常等肥胖相关合并症。

精准LRYGB术要求术中测量小肠长度,先上翻大网膜和横结肠,确定Treitz韧带位置,后用长25 cm的无弹性布带自Treitz韧带沿肠系膜侧肠壁测量空回肠长度至回盲部^[17]。通过测量小肠的总长度,根据旷置30%的原则重新调整Roux肠袢的长度。精准测量所需旷置的小肠长度,以便在达到

最佳减重效果的同时,可尽量避免营养不良等并发症的发生。例如胆胰支长度可为25~50 cm,Roux肠袢长度可为125~175 cm;如果BMI为28~55 kg/m²,Roux肠袢长度为125 cm;BMI>55 kg/m²则Roux肠袢长度为150 cm;同时合并2型糖尿病患者,Roux肠袢长度相应增加25 cm^[18]。

同时,精准LRYGB要求胃小囊体积大小为15~30 ml,在制作胃小囊时可先经口置入专用的38Fr胃校准导管,在食管胃结合部开始距离胃小囊末端约10 cm处,在胃校准导管的引导下,置入直线型切割吻合器,紧贴胃校准导管作为指引,向贲门底方向切割完成15~30 ml胃小囊的创建^[18]。同时在完成胃空肠吻合时,若使用圆形吻合器建议使用不超过25 mm的吻合器,使用直线型吻合器时建议注意钉仓前端刻度,闭合时仅用前端15~20 mm闭合,确保吻合口直径在1~2 cm之间。

3. 术中尽量避免切断血管、及时彻底止血:有研究显示,肥胖代谢外科手术中出血与术后并发症风险增加相关^[19]。而术后出血是LRYGB术后早期最常见的并发症之一^[20]。术后出血患者更容易出现不良结局,如更长的住院时间、更高的术后30 d病死率以及更高的术后并发症发生率^[21]。因此,精准LRYGB术要求中操作应遵守生理解剖构造,尽量避免切断血管;对于吻合口需检查有无出血,若发现出血时要及时彻底止血。

4. 注意吻合口血供和张力:据报道,LRYGB术后的吻合口漏发生率可以高达6%^[22-23]。由于肥胖患者体型和腹部脂肪堆积的特殊性,临床上LRYGB术后的吻合口漏很难在早期被发现,故可能带来严重的术后并发症。吻合口漏发现的时间越晚,患者发生全身性败血症的发生率和病死率就越高^[24]。缺血性吻合口漏通常发生在术后5~7 d,其发生的原因之一可能是由于吻合口张力过大,或使用无法满足组织厚度的吻合钉所导致^[25]。太短的吻合钉可能因在组织上闭合太紧而导致缺血。因此,吻合后检查组织的吻合口是否有足够的灌注至关重要。若发现吻合口颜色偏暗或术中判断血供不佳,应及时切除重新吻合。所以精准LRYGB术要求术中要选择合适的切割吻合器,每次吻合器在发射前都应仔细检查吻合定制线的质量和完整性^[26]。吻合后应充分观察吻合口的张力情况以及血供,若有血供不良的情况应及时处理,以减少术后吻合口漏的发生率,使患者获得有效安全的手术

效果并减少手术费用^[27]。

5. 缝合关闭各个可能引起内疝的裂孔及穿刺孔:有研究表明,无论吻合方式如何选择,缝合关闭所有存在的空隙,都可以减少内疝和肠梗阻的发生率^[28]。Stenberg 等^[29]的随机对照研究随访结果表明,与未闭合肠系膜缺损相比,闭合肠系膜缺损可减少术后 3 年及以上因小肠梗阻而再次手术的风险;该研究还发现,Trocar 疝是减重手术中被严重低估的一个问题。一项针对减重手术后 Trocar 疝发生的 Meta 分析显示,术后其发生率为 3.2%,且 BMI 较高的患者更容易发生^[30]。因此,精准 LRYGB 手术要求用不可吸收缝线连续缝合关闭横结肠系膜裂孔和 Peterson 孔,直视下拔除 12 mm 套管,并用疝修补器关闭 12 mm 穿刺孔。

(三) 术后综合管理,强调长期随访科学减重

术后综合管理包括制定饮食计划、运动计划以及术后随访计划。术后综合管理的重点是长期关注患者的营养健康状态,提醒患者定期体检,督促其加强自我管理并帮助其养成良好健康的饮食习惯^[31]。实现这些管理目标将促进患者体质量稳步下降,并可以长期保持稳定。定期术后随访在术后管理中也非常重要。有研究显示,遵守规律随访的患者 LRYGB 术后的减重效果更好^[32]。因此,为了避免复胖,做到科学精准减重,建议在 LRYGB 术后,肥胖代谢外科手术团队应为每个患者在术后 1、3、6 和 12 个月制定随访计划并督促患者及时随访;因为 LRYGB 更容易出现营养不良,应该重点关注维生素 D、维生素 B₁₂ 等维生素和铁等微量元素是否缺乏,并且在术后常规补充复合维生素、铁、钙和叶酸等营养素。

二、精准 LRYGB 在人工智能与大数据背景下的应用前景

人工智能(artificial intelligence, AI)在医疗领域中的实用性将取决于多个环境中的联合应用,包括医疗记录系统、结果报告系统和电子处方系统,以及分子生物学、基因组学或蛋白质组学的数据管理和分析工具。目前, AI 越来越多地被应用于疾病诊断、治疗和药物开发等领域中^[33]。AI 在医学上的应用主要包括机器学习(machine learning, ML)、深度学习(deep learning, DL)和人工神经网络(artificial neural network, ANN)。Wise 等^[34]基于 ANN,建立了一种用于预测 LRYGB 术后体质量是否会过度减轻的模型,明确了与 LRYGB 术后体质量减轻相关的

独立预测因素,如年龄、种族、性别、体质指数、既往高血压、糖尿病、抑郁症或焦虑症的病史等。通过该预测模型,可计算出其 1 年后体质量减轻的估计值。这表明, AI 有望在肥胖外科治疗中发挥重要作用。

机器学习是通过收集多组学数据,并组合数据类型探索它们之间的关系。英国生物银行数据库的一项大型前瞻性队列研究收集了约 500 000 人的遗传和表型数据,包括生物测量、生活方式标志物、血液和尿液生物标志物以及脑成像。该项目为研究人员提供了寻找与疾病风险的遗传关联的机会^[35]。最近的一项研究还通过获取和分析多组学数据集为 108 名参与者提供了有益健康的行为指导^[36]。这项研究在 9 个月的时间里,每 3 个月进行一次全基因组测序以及蛋白质组、微生物组、代谢组,并记录临床数据、日常身体活动和睡眠模式。研究人员为每个参与者建立了个性化、密集、动态的数据云,并对 6 种不同的数据类型进行了综合分析。最后,通过 AI 对不同的类型进行个体化的行为指导,显著改善了参与者在营养、炎症反应、糖尿病和心血管疾病方面的健康状况。

不同于几十年前,血压、血糖、心率等指标只能手动测量并记录。现在通过使用分散式传感器、测量设备和手机等移动设备,个人健康和环境数据的收集得到了极大的改善。如今,这些信息可以通过移动应用程序 24 h 动态收集。AI 提高了医疗服务效率和护理质量,因此,将 AI 技术引入医疗系统有利于精准医疗的发展。但是,需要注意 AI 技术实施过程中的伦理风险,如违反数据的隐私性和保密性以及患者的知情同意权。在 AI 和大数据高速发展的今天,最重要的是推动立法以制定法律来保护数据的安全隐私,尤其是患者的个人隐私。

目前,虽然国内许多减重中心都建立了自己的信息系统,但这些系统缺乏统一的纳入标准,基于这些数据的研究存在研究样本少、治疗策略不同等问题,缺乏普适性,在一定程度上浪费了资源。因此,本中心牵头建立了中国肥胖代谢外科数据库,希望在后续的发展过程中,通过大数据以及多中心的临床研究,推动减重外科诊疗的进一步规范化,以及提高证据质量,从而形成良性循环,实现精准医疗。

三、未来展望

目前的全基因组关联研究已经对肥胖的遗传因素进行了广泛研究,成功地发现了肥胖易感基因并揭示了其机制^[37-39]。将肥胖的原因单纯视为热量

的摄入与消耗是片面的,因为遗传、生理、行为、社会、经济和环境因素都与肥胖的发生有关^[40]。此外,遗传学的作用可以解释同种减重代谢手术后体质量减轻存在个体差异的问题。有学者使用 miRNA 作为 LRYGB 术前预测体质量减轻的标志物,发现在 6 个月和 12 个月时,特定 miRNA 与 LRYGB 术后体质量减轻结果的差异相关^[41]。然而,由于遗传变异和环境风险因素之间的相互作用,仅从遗传背景预测疾病风险变得更加复杂。随着多种组学技术和分析方法的快速发展,最近的全基因组分析整合来自代谢组学和肠道微生物组学所研究的内容,将为基因-环境相互作用在减重治疗中的作用提供新的见解,有助于精确预防和管理肥胖^[42]。

目前,在治疗中,从基因组学、蛋白质组学和代谢组学水平对肥胖患者进行大量分析,已得到了前所未有的海量数据。精准 LRYGB 在未来发展中,需要对这些多维度的数据进行解释和分析,以构建肥胖治疗生态系统的拓扑网络,进而提供更加精准的肥胖外科综合个体化的治疗。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Pavel M, Öberg K, Falconi M, et al. Gastroenteropancreatic neuroendocrine neoplasms: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up[J]. *Ann Oncol*, 2020,31(7):844-860. DOI:10.1016/j.annonc.2020.03.304.
- [2] Cohen RV. Precision medicine, obesity, and bariatric surgery outcomes[J]. *Surg Obes Relat Dis*, 2020,16(11):1808-1809. DOI:10.1016/j.soard.2020.07.005.
- [3] Manning S, Pucci A, Carter NC, et al. Early postoperative weight loss predicts maximal weight loss after sleeve gastrectomy and Roux-en-Y gastric bypass[J]. *Surg Endosc*, 2015,29(6):1484-1491. DOI:10.1007/s00464-014-3829-7.
- [4] 杨华,王存川,杨景哥,等.精准腹腔镜 Roux-en-Y 胃旁路术治疗肥胖与代谢病 140 例疗效分析[J]. *中华胃肠外科杂志*, 2014,17(7):648-650. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0274.2014.07.005.
- [5] 王存川,董志勇.精准肥胖外科[J/CD]. *中华肥胖与代谢病电子杂志*, 2016,2(1):1-6. DOI:10.3877/cma.j.issn.2095-9605.2016.01.001.
- [6] 王存川,赵蕾.减重外科新概念——精准腹腔镜胃旁路术[J]. *中华胃肠外科杂志*, 2014,17(7):631-634. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0274.2014.07.001.
- [7] Ryan DH, Kushner R. The state of obesity and obesity research[J]. *JAMA*, 2010,304(16):1835-1836. DOI:10.1001/jama.2010.1531.
- [8] Chen Y, Zeng G, Tan J, et al. Impact of roux-en Y gastric bypass surgery on prognostic factors of type 2 diabetes mellitus: meta-analysis and systematic review[J]. *Diabetes Metab Res Rev*, 2015,31(7):653-662. DOI:10.1002/dmrr.2622.
- [9] Lee WJ, Hur KY, Lakadawala M, et al. Predicting success of metabolic surgery: age, body mass index, C-peptide, and duration score[J]. *Surg Obes Relat Dis*, 2013,9(3):379-384. DOI:10.1016/j.soard.2012.07.015.
- [10] Lee WJ, Chen JC, Yao WC, et al. Transumbilical 2-site laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass: initial results of 100 cases and comparison with traditional laparoscopic technique[J]. *Surg Obes Relat Dis*, 2012,8(2):208-213. DOI:10.1016/j.soard.2010.12.004.
- [11] Heneghan HM, Yimcharoen P, Brethauer SA, et al. Influence of pouch and stoma size on weight loss after gastric bypass[J]. *Surg Obes Relat Dis*, 2012,8(4):408-415. DOI:10.1016/j.soard.2011.09.010.
- [12] Riccioppo D, Santo MA, Rocha M, et al. Small-volume, fast-emptying gastric pouch leads to better long-term weight loss and food tolerance after Roux-en-Y gastric bypass[J]. *Obes Surg*, 2018,28(3):693-701. DOI:10.1007/s11695-017-2922-0.
- [13] Ramos AC, Marchesini JC, de Souza Bastos EL, et al. The role of gastrojejunostomy size on gastric bypass weight loss[J]. *Obes Surg*, 2017,27(9):2317-2323.
- [14] Mahawar KK, Kumar P, Parmar C, et al. Small bowel limb lengths and Roux-en-Y gastric bypass: a systematic review [J]. *Obes Surg*, 2016,26(3):660-671. DOI:10.1007/s11695-016-2050-2.
- [15] Smelt H, Van Rijn S, Pouwels S, et al. The influence of different alimentary and biliopancreatic limb lengths in gastric bypass patients[J]. *Obes Surg*, 2021,31(2):481-489. DOI:10.1007/s11695-020-05028-8.
- [16] Eskandaros MS, Abbass A. Standard biliopancreatic limb (50 cm) Roux-en-Y gastric bypass versus long biliopancreatic limb (100 cm) Roux-en-Y gastric bypass in patients with body mass index 40-50 kg/m²: a randomized prospective study[J]. *Obes Surg*, 2022,32(3):577-586. DOI:10.1007/s11695-021-05868-y.
- [17] 郭婕,杨华,陈缘,等.小肠长度测量在肥胖代谢外科的应用[J/CD]. *中华肥胖与代谢病电子杂志*, 2021,7(1):57-59. DOI:10.3877/cma.j.issn.2095-9605.2021.01.011.
- [18] 王存川,高志光.精准医学在肥胖与代谢病手术中的应用[J]. *中华胃肠外科杂志*, 2016,19(1):27-30. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0274.2016.01.006.
- [19] Stenberg E, Szabo E, Näslund I, et al. Bleeding during laparoscopic gastric bypass surgery as a risk factor for less favorable outcome. A cohort study from the Scandinavian Obesity Surgery Registry[J]. *Surg Obes Relat Dis*, 2017,13(10):1735-1740. DOI:10.1016/j.soard.2017.05.028.
- [20] Rausa E, Bonavina L, Asti E, et al. Rate of death and complications in laparoscopic and open Roux-en-Y gastric bypass. A meta-analysis and meta-regression analysis on 69,494 patients[J]. *Obes Surg*, 2016,26(8):1956-1963. DOI:10.1007/s11695-016-2231-z.
- [21] Zafar SN, Miller K, Felton J, et al. Postoperative bleeding after laparoscopic Roux en Y gastric bypass: predictors and consequences[J]. *Surg Endosc*, 2019,33(1):272-280. DOI:10.1007/s00464-018-6365-z.
- [22] Buckwalter JA, Herbst CA. Leaks occurring after gastric bariatric operations[J]. *Surgery*, 1988,103(2):156-160.
- [23] Baker RS, Foote J, Kemmeter P, et al. The science of stapling and leaks[J]. *Obes Surg*, 2004,14(10):1290-1298.

- DOI:10.1381/0960892042583888.
- [24] Rangel-Frausto MS, Pittet D, Costigan M, et al. The natural history of the systemic inflammatory response syndrome (SIRS). a prospective study[J]. *JAMA*, 1995,273(2):117-123.
- [25] Varban OA, Cassidy RB, Sheetz KH, et al. Technique or technology? Evaluating leaks after gastric bypass[J]. *Surg Obes Relat Dis*, 2016,12(2):264-272. DOI:10.1016/j.soard.2015.07.013.
- [26] Champion JK, Williams MD. Prospective randomized comparison of linear staplers during laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass[J]. *Obes Surg*, 2003, 13(6): 855-859. DOI: 10.1381/096089203322618641.
- [27] Fullum TM, Aluka KJ, Turner PL. Decreasing anastomotic and staple line leaks after laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass[J]. *Surg Endosc*, 2009, 23(6): 1403-1408. DOI: 10.1007/s00464-009-0370-1.
- [28] Geubbels N, Lijftogt N, Fiocco M, et al. Meta-analysis of internal herniation after gastric bypass surgery[J]. *Br J Surg*, 2015,102(5):451-460. DOI:10.1002/bjs.9738.
- [29] Stenberg E, Szabo E, Ågren G, et al. Closure of mesenteric defects in laparoscopic gastric bypass: a multicentre, randomised, parallel, open-label trial[J]. *Lancet*, 2016, 387(10026): 1397-1404. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)01126-5.
- [30] Karampinis I, Lion E, Grilli M, et al. Trocar site hernias in bariatric surgery-an underestimated issue: a qualitative systematic review and meta-analysis[J]. *Obes Surg*, 2019, 29(3):1049-1057. DOI:10.1007/s11695-018-03687-2.
- [31] Kalarchian M, Turk M, Elliott J, et al. Lifestyle management for enhancing outcomes after bariatric surgery [J]. *Curr Diab Rep*, 2014,14(10):540. DOI:10.1007/s11892-014-0540-y.
- [32] Kim HJ, Madan A, Fenton-Lee D. Does patient compliance with follow-up influence weight loss after gastric bypass surgery? A systematic review and meta-analysis[J]. *Obes Surg*, 2014, 24(4): 647-651. DOI: 10.1007/s11695-014-1178-1.
- [33] Ashley EA. The precision medicine initiative: a new national effort[J]. *JAMA*, 2015, 313(21): 2119-2120. DOI: 10.1001/jama.2015.3595.
- [34] Wise ES, Hocking KM, Kavic SM. Prediction of excess weight loss after laparoscopic Roux-en-Y gastric bypass: data from an artificial neural network[J]. *Surg Endosc*, 2016,30(2):480-488. DOI:10.1007/s00464-015-4225-7.
- [35] Bycroft C, Freeman C, Petkova D, et al. The UK Biobank resource with deep phenotyping and genomic data[J]. *Nature*, 2018,562(7726):203-209. DOI:10.1038/s41586-018-0579-z.
- [36] Price ND, Magis AT, Earls JC, et al. A wellness study of 108 individuals using personal, dense, dynamic data clouds [J]. *Nat Biotechnol*, 2017, 35(8): 747-756. DOI: 10.1038/nbt.3870.
- [37] Uruthiralingam U, Rea PM. Augmented and virtual reality in anatomical education - a systematic review[J]. *Adv Exp Med Biol*, 2020, 1235: 89-101. DOI: 10.1007/978-3-030-37639-0_5.
- [38] Fall T, Ingelsson E. Genome-wide association studies of obesity and metabolic syndrome[J]. *Mol Cell Endocrinol*, 2014,382(1):740-757. DOI:10.1016/j.mce.2012.08.018.
- [39] Locke AE, Kahali B, Berndt SI, et al. Genetic studies of body mass index yield new insights for obesity biology [J]. *Nature*, 2015, 518(7538): 197-206. DOI: 10.1038/nature14177.
- [40] Stefater MA, Wilson-Pérez HE, Chambers AP, et al. All bariatric surgeries are not created equal: insights from mechanistic comparisons[J]. *Endocr Rev*, 2012,33(4):595-622. DOI:10.1210/er.2011-1044.
- [41] Doyon L, Das S, Sullivan T, et al. Can genetics help predict efficacy of bariatric surgery? An analysis of microRNA profiles[J]. *Surg Obes Relat Dis*, 2020,16(11):1802-1807. DOI:10.1016/j.soard.2020.06.024.
- [42] Sonnenburg JL, Bäckhed F. Diet-microbiota interactions as moderators of human metabolism[J]. *Nature*, 2016, 535(7610):56-64. DOI:10.1038/nature18846.