

术前口服碳水化合物的研究进展

郭 阳

重庆医科大学附属第一医院麻醉科, 重庆

收稿日期: 2025年12月7日; 录用日期: 2026年1月1日; 发布日期: 2026年1月9日

摘 要

传统术前禁食指南要求患者“午夜后禁食”，其核心目的是降低麻醉期间胃内容物反流和误吸的风险。研究表明，长时间禁食非但不能带来额外安全获益，反而会诱发机体分解代谢，导致术前口渴、饥饿、焦虑等不适，并加剧手术创伤引发的胰岛素抵抗和应激反应，不利于术后康复。随着加速康复外科理念的普及，围术期管理正从被动规避风险转向主动优化患者生理状态。在此背景下，术前口服碳水化合物作为一种关键的代谢干预措施应运而生。它指在手术前2~3小时让患者饮用特定配方的碳水化合物清饮料，旨在将机体从“饥饿状态”调整为“饱腹状态”，以改善代谢、提升舒适度并促进术后恢复。这一实践正深刻改变着全球的围术期禁食管理策略。

关键词

碳水化合物, 胰岛素抵抗

Research Progress of Preoperative Oral Carbohydrate

Yang Guo

Department of Anesthesiology, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

Received: December 7, 2025; accepted: January 1, 2026; published: January 9, 2026

Abstract

Traditional preoperative fasting guidelines require patients to “fast after midnight,” with the central aim of reducing the risk of gastric contents reflux and aspiration during anesthesia. Studies have shown that long-term fasting can not bring additional safety benefits, but can induce catabolism of the body, lead to preoperative discomfort such as thirst, hunger, anxiety, and aggravate insulin resistance and stress response caused by surgical trauma, which is not conducive to postoperative rehabilitation. With the popularity of enhanced recovery after surgery (ERAS), perioperative

management is shifting from passive risk avoidance to active optimization of patients' physiological state. In this context, preoperative oral carbohydrate has emerged as a key metabolic intervention. It involves giving patients a carbohydrate-based light drink formulated 2~3 hours before surgery, with the aim of rebalancing the body from a "hungry state" to a "full state" to improve metabolism, comfort, and postoperative recovery. This practice is profoundly changing perioperative fasting management strategies worldwide.

Keywords

Carbohydrates, Insulin Resistance

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

1.1. 传统术前禁食模式的演变与挑战

长期以来,接受手术的患者通常被要求从午夜开始禁食(NPO after midnight),在某些情况下禁食时间甚至长达 24 小时。这一传统做法的首要目标是降低麻醉诱导期间胃内容物反流和误吸的风险。然而,越来越多的证据表明,这种长时间的禁食模式已经过时,并与多种术后并发症相关。自 1986 年,大量证据表明,择期手术前 2 小时内口服透明液体是安全的[1]。大量研究表明,术前口服碳水化合物并不会增加胃残余量、引发不良事件或延迟胃排空[2]-[5]。相反,延长禁食时间会对患者的主观感受(如术前口渴、饥饿、焦虑及幸福感下降)和临床结局(如胰岛素抵抗、脱水、电解质紊乱及全身麻醉诱导期低血压)产生负面影响[6] [7]。因此,许多国家改变了禁食指南,允许大多数患者在择期手术前 2 小时内服用透明液体[8] [9]。

1.2. 加速康复外科(ERAS)理念的引入

在加速康复外科理念的推动下,术前 2~3 小时口服含有约 12%碳水化合物(主要成分为麦芽糖糊精)的透明液体,已成为优化围术期管理的重要策略。与传统禁食相比,术前口服碳水化合物不仅能够提升患者的术前舒适度,其核心益处在于激活合成代谢,减轻手术创伤引发的胰岛素抵抗,从而对围术期血糖控制、肌肉保存产生积极影响,并最终支持 ERAS 方案降低并发症发生率和缩短住院时间的目标。

1.3. 本文目的

本文旨在系统梳理术前口服碳水化合物的生理机制、临床证据与国际指南的演进历程,并重点探讨其在不同特殊人群中的应用、当前的研究热点及未来的发展方向。

2. 术前口服碳水化合物的生理与药理学基础

2.1. 减轻胰岛素抵抗

胰岛素是调节葡萄糖、脂质和蛋白质代谢的核心激素。术前口服碳水化合物负荷可模拟进食状态,刺激胰岛素分泌,使机体从禁食状态下的分解代谢顺利转向合成代谢。这一过程能够抑制内源性葡萄糖产生、促进外周组织对葡萄糖的摄取、抑制脂肪分解,从而显著减轻术后胰岛素抵抗的程度[10] [11]。胰

胰岛素抵抗与一系列心脏代谢紊乱密切相关，是影响术后恢复的重要不利因素。

稳态模型评估的胰岛素抵抗指数(HOMA-IR)：

公式： $\text{HOMA-IR} = \text{空腹胰岛素}(\mu\text{U/mL}) \times \text{空腹血糖}(\text{mmol/L}) / 22.5$ 。

$\text{HOMA-IR} \geq 1.6 \sim 2.0$ 提示可能存在胰岛素抵抗。

$\text{HOMA-IR} > 2.5$ 通常认为存在明显胰岛素抵抗。

2.2. 对器官功能的影响

术前口服碳水化合物负荷能够避免因长时间禁食引发的有害分解代谢变化，如糖原耗竭、胰岛素敏感性下降及蛋白质分解。研究表明，术前口服碳水化合物可以减轻禁食导致的骨骼肌糖原合酶活性下降，这对于维持术后肌肉功能可能具有积极的临床意义[12] [13]。此外，它还能维持正常的肝脏糖代谢途径，避免因糖异生过度激活而对有氧能量代谢产生干扰[14]。2018年的一项儿科研究也显示，与空腹组相比，碳水化合物组不仅胃内容物量更少、术后恶心呕吐发生率更低，且术前视觉模拟评分(VAS)显示的舒适度更高[15]。

3. 临床应用方案与安全性

3.1. 常用制剂与成分

目前临床常用的术前口服碳水化合物液体通常为等渗或低渗的清饮料，碳水化合物浓度约为 12%(以麦芽糖糊精为主要成分)，渗透压约为 270~300 mOsm/L。这一配方在确保胃排空速度(保障安全性)和提供足量代谢底物(实现代谢益处)之间取得了最佳平衡。

3.2. 标准化给药方案

- 术前晚：饮用 800 毫升碳水化合物饮料。
- 术前 2~3 小时：饮用 400 毫升碳水化合物饮料。

3.3. 安全性：颠覆“误吸”传统观念

全身麻醉下肺误吸是围术期最严重并发症之一。然而，大量研究证实，对于无特定风险因素的患者，术前 2 小时摄入清液体(包括碳水化合物饮料)是安全的。当诱导麻醉时，呕吐、咳嗽和吞咽反射会抑制。这些反射通常保护气道，如果发生胃内容物反流或呕吐，它们的功能下降会带来肺误吸的风险。反射抑制的程度取决于麻醉水平，但可能最终导致喉部和咽部反射的缺失。许多因素可能会延迟胃排空。这些包括肥胖、胃食管反流和糖尿病。

Breuer 等人研究术前口服碳水化合物对胃液体积的影响，手术前，188 名 ASA 身体状况为 III-IV 的择期心脏手术患者被随机分配，分别接受 12.5%碳水化合物饮料、调味水(安慰剂)或禁食(对照组)。患者晚上服用 800 毫升相应饮料，手术前 2 小时服用 400 毫升。摄入液体未引起胃液量增加或其他不良反应[16]。Kaska 等人进行了一项随机对照试验，比较了术前禁食与术前准备以及口服或静脉摄入碳水化合物、矿物质和水。研究结果显示术前口服摄入碳水化合物不会增加胃残余量，也与任何风险无关[2]。2024 年的一项研究结果显示术前口服碳水化合物对 80 岁及以上“健康”患者是安全的，且不会增加术中吸入的发生率。此外，它能理想地控制血糖水平，并稳定围手术期的血糖波动，也能显著改善老年患者在术前准备期间的主观舒适度[17]。迄今为止，三项最大型荟萃分析报告也未发现可归因于术前碳水化合物负荷的不良事件，如误吸，且对术后恶心、疲劳和健康状况有积极影响[18]-[20]。

许多因素可能会延迟胃排空。这些风险因素包括紧急手术、重大创伤(针对紧急或重大创伤事件发生

后 48 小时内的创伤性损伤手术)、胃肠梗阻、其他急性腹内过程、体重指数大于或等于 35 的肥胖、近期口服(手术前少于 6 小时或若餐食高脂肪则超过 8 小时),不包括麻醉前 2 小时内服用的药物或透明液体)、近期阿片类药物使用、胃食管反流病治疗、既往胃旁路或袖状手术、贲门失弛缓症、狭窄、神经系统疾病史(中风、意识抑郁、可能影响口咽协调的神经系统疾病如帕金森病)等情况[21]。麻醉医师应认识到这些状况会增加反流和肺吸入的可能性,并应根据临床判断调整相关指南。

适用人群:绝大多数接受择期手术的非糖尿病患者和病情稳定的 2 型糖尿病患者(强烈推荐)。

谨慎使用或调整剂量:胰岛素依赖的糖尿病患者(需要个体化方案,密切监测血糖)。

禁忌症:明确的胃排空障碍(如胃轻瘫、幽门梗阻)。

肠梗阻。

无法保护气道或误吸风险极高的患者(如饱胃、急诊手术、病态肥胖、妊娠等)。

代谢性疾病:如果存在罕见的碳水化合物代谢障碍。

4. 临床获益的证据与指南推荐

4.1. 对临床结局的影响

术前口服碳水化合物的主要临床获益体现在缩短住院时间和减轻术后不适。次要获益包括改善围术期舒适度、减少术后恶心呕吐,并可能对肌肉功能起到保护作用。

研究表明,在需要重症监护的术后患者中,当血糖通过强化胰岛素治疗控制时,可以降低死亡率和发病率[22]。此外,数据表明,当患者在术前给予富含碳水化合物的饮料时,可以减轻术后不适。

在一项针对 252 名接受择期胃肠道手术患者的安慰剂对照随机试验中,结果表明,与安慰剂相比,在手术前 2 小时摄入富含碳水化合物的透明液体可减少口渴、烦躁、虚弱和注意力问题[23]。在腹部大手术患者中,它有助于术后骨骼肌质量的维持[24]。一项针对 36 名结直肠手术患者的研究表明,口服碳水化合物治疗中位住院时间有所缩短[25]。此外,术前口服碳水化合物还与术后炎症反应水平(如 IL-6, IL-8, TNF)的降低相关,这可能有助于改善术后恢复[26]。其他研究也证实了其在减轻术后疼痛和炎症反应方面的潜力[27][28]。手术前长时间戒液对患者有害,尤其是老人和小孩。确保达到最短的禁食间隔,应鼓励患者在手术前 2 小时内继续口服碳水化合物,以减少他们的不适并改善他们的健康。

4.2. 国际指南的推荐与变迁

- 1986 年,大量证据表明,在择期手术前 2 小时口服透明液体是安全的。
- 以 1999 年美国麻醉医师协会(ASA)指南为代表,国际主流指南开始修订:允许术前 2 小时摄入清液体。对轻餐(如烤面包加牛奶)仍要求禁食 6 小时,对油炸、肥腻食物和肉类要求禁食 8 小时或更长。
- 2000 年代初:以北欧国家为首的指南开始推荐术前口服碳水化合物。
- 2011 年《欧洲麻醉学杂志》发布了成人和儿童围手术期禁食指南,鼓励成人和儿童在择期手术(包括剖宫产)前 2 小时内饮用清澈液体(包括水、无果肉果汁,无奶茶或咖啡)。
- ERAS 学会指南 2018 年较 2012 年做出改变,术前碳水化合物饮料的推荐等级从弱提升为强。[29]
- 2023 年美国麻醉医师协会(ASA)围术期禁食指南建议健康成年人在进行需要全身麻醉、区域麻醉或程序镇静的择期手术前 2 小时前饮用含碳水化合物的透明液体。(推荐力度:强;证据强度:中等)

国际围术期禁食指南关于术前口服碳水化合物的变迁,是一条清晰的路径:

绝对禁食(基于恐惧)→允许清液体(基于生理)→主动补充碳水化合物(基于代谢调理和 ERAS)

这一变迁的驱动力是强大的临床证据,它彻底改变了围术期管理哲学:从被动地避免风险,转变为主动地优化患者生理状态,以加速康复并改善预后。如今,术前口服碳水化合物已成为现代快速康复外

科(ERAS)路径中一个不可或缺的一环。

5. 当前研究热点与争议领域

• 糖尿病患者

空腹糖尿病患者缺乏糖原储备可能导致能量供应不足、血糖剧烈波动、低血糖风险增加、微血管、神经和肾脏损伤、其他组织和器官损伤,以及各种急性和慢性并发症的发生[30]。长期禁食会增加压力,加上手术创伤,导致糖皮质激素和胰高血糖素升高,降低胰岛素敏感性,减少外周组织对葡萄糖的利用,最终导致术后高血糖和胰岛素抵抗升高。术后胰岛素抵抗会增加高血糖和感染的发生率。术前 2 到 3 小时摄入碳水化合物可缩短空腹时间,增加能量供应,并减少围手术期低血糖和胰岛素抵抗。

美国糖尿病协会建议围手术期血糖应维持在 4.4 至 10.0 mmol/L 之间[31]。大多数关于普通外科 ERAS 方案的研究排除糖尿病患者,原因是担心胃排空缓慢和术前血糖控制受损。Breuer 等人评估了心脏手术前 2 小时饮用 400 毫升 12.5%碳水化合物饮料对 ASA 第三至第四期患者的影响。碳水化合物未引起胃液体积增加,且与其他不良事件无明显相关[16]。在 Gustafsson 等人,研究发现 2 型糖尿病患者服用 400 毫升 12.5%碳水化合物饮料时,60 分钟后血糖峰值为 13.4 ± 0.5 毫米。180 分钟后浓度恢复至基线,胃排空速度略快于健康受试者[32]。Laffin 等均表明,术前摄入碳水化合物并未对血糖控制产生不良影响,并可能减少血糖控制受损、胃排空延迟和误吸等不良反应的发生[33]。2024 年,Zhao 等人的研究综述强调术前碳水化合物负荷作为有效控制糖尿病患者的有前景干预措施,有望提升患者舒适度、血糖控制及术后预后[34]。总体证据表明,术前摄入碳水化合物并未导致糖尿病手术取消,也未影响住院时间、肺炎及其他并发症。这些发现打破了将高风险人群排除在碳水化合物加量方案之外的传统范式,为个性化干预措施的发展铺平了道路,旨在满足这些患者群体的独特需求。

手术前 2~3 小时摄入碳水化合物对糖尿病患者胰岛素抵抗的影响存在不一致,但现有结果显示,手术后有改善胰岛素抵抗和避免术后高血糖的趋势。术前口服碳水化合物对糖尿病手术患者有效且安全。需要高质量的随机对照试验,以提供更有力的证据支持在 ERAS 方案中用于糖尿病患者的口服碳水化合物。

• 肥胖患者

病态肥胖患者常伴有胃食管反流等增加误吸风险的因素,因此在此群体中的应用数据相对有限。尽管 ERAS 协会已发布了针对减重与代谢手术的指南,但全球范围内在营养管理方面的实践,尤其是术前碳水化合物负荷的应用,仍存在显著差异[35]。未来需要更多高质量研究来明确其在肥胖人群中的安全性与有效性。

• 儿科患者

现行儿科术前禁食指南建议对清液体、母乳和固体食物的禁食时间分别缩短至 2、4 和 6 小时[36][37]。2011 年 8 月,《欧洲麻醉学杂志》发布了成人和儿童围手术期禁食指南,强烈建议术前 2 小时内以清体喂食。在择期手术前 2 小时摄入透明液体对患者有诸多益处,如术前治疗满意度提升、减少口渴和饥饿感,以及术后胰岛素抵抗的降低。婴儿应在择期手术前喂养。母乳安全保存长达 4 小时,其他母乳安全保存长达 6 小时。此后,应像成人一样给予清澈的液体(证据等级 1++, 推荐等级 A)。这些建议基于 1990 年代末及近期发布的综述和指南。禁食旨在降低肺吸入的风险,但近年来该并发症的发生率非常低,尽管儿童吸入的风险似乎略高于成人[38],差异低于之前报道的。在新生儿和婴儿中,胃排空清澈液体遵循与年长儿童和成人相同的一阶动力学[39]。手术前允许饮用清水可以提升儿童的舒适度,减少口渴,并降低婴儿术前脱水的风险。术前允许的液体量似乎不会影响儿童胃内容积或 pH 值[40]。这同样适用于超重和肥胖的儿童[41]。

- 孕妇

术前口服碳水化合物(CHO)是一种快速的术后康复方案,能够改善围手术期结局,并广泛应用于成人外科患者。然而,孕妇因胃排空延迟可能导致误吸而被排除在外。2024 年荟萃分析旨在评估术前口服 CHO 在择期剖宫产中的疗效,分析共纳入了 9 项研究,共 1211 名患者。术前口服碳水化合物,通过改善母亲的整体代谢状态和减少手术应激,可能为产后早期哺乳创造一个更有利的生理环境,从而间接支持更早的初乳分泌。

该研究存在一些局限性,需要考虑。首先,需要注意的是,纳入研究中使用的麻醉方法各不相同。虽然有八项研究使用了脊髓内麻醉,但只有一项研究使用了全身麻醉。这种麻醉方法的差异可能影响吸入发生率。最后值得一提的是,研究中碳水化合物的浓度和剂量不一致,导致显著异质性。因此,最佳浓度和剂量的确定仍然不确定。总之,术前 CHO 摄入缓解了患者的不适,包括口渴、饥饿、呕吐和恶心发生率、胰岛素抵抗及时间。由于 CHO 成本低廉且便利,术前 CHO 作为改善术后恢复的策略是可行的。然而,对于少数研究,是否将其作为剖宫产的常规手术仍需进一步研究。

6. 结论

术前口服碳水化合物的临床应用,是现代围术期医学从被动规避风险向主动优化预后转变的典范。其核心价值在于通过精准的代谢调理,显著减轻手术创伤引发的胰岛素抵抗,从而打破传统长时间禁食带来的分解代谢状态。大量临床证据一致表明,这一措施不仅能有效改善患者的术前舒适度,更能带来确切的临床获益,包括缩短住院时间、减少术后并发症并促进功能恢复。国际主要指南,从 ASA 的禁食指南到 ERAS 协会的各种路径,均已将其作为强推荐项目,标志着其安全性与有效性得到了广泛认可。

当前的研究前沿已从验证普适性效益,深入到探索其在特殊人群,如糖尿病患者、肥胖患者、儿童及孕产妇中的个体化应用。尽管在这些领域仍存在争议与挑战,但现有证据正不断打破传统禁忌,展现出良好的应用前景。未来,随着高质量研究的持续推进和个体化方案的不断完善,术前口服碳水化合物必将在更广泛的患者群体中发挥关键作用,进一步推动加速康复外科理念的深化与发展,最终实现改善外科患者整体预后的终极目标。

7. 讨论

术前口服碳水化合物的价值已远远超越了单纯的营养补充,它更是一种关键的“代谢预处理”策略,其通过减轻胰岛素抵抗这一核心机制,为患者创造了更有利于术后恢复的生理环境。尽管证据充分且指南推荐明确,但在全球范围内的临床实践中,术前口服碳水化合物的普及与应用仍面临挑战。首先,观念转变的滞后性是主要障碍之一。许多临床医师,特别是麻醉医师,对于误吸风险的担忧根深蒂固,即便在强有力的证据面前,改变传统的“午夜后禁食”习惯仍需时间和持续的教育。其次,实施的标准化存在问题。虽然本文概述了经典给药方案,但在实际工作中,饮料的配方、剂量、给药时机在不同机构间可能存在差异,影响了效果的最大化和可比性。

本综述重点探讨的特殊人群,是当前研究与临床实践的焦点与难点。我们在糖尿病患者中看到的观念转变最具代表性:从最初的绝对禁忌,到如今在严密监控下的积极尝试。这提示我们,未来的围术期管理将更加依赖精准医疗的原则。对于糖尿病患者,关键问题不再是“能否使用”,而是“如何为不同血糖控制水平的个体制定最佳方案”。同样,在肥胖、儿科及孕产妇群体中,证据正在积累,挑战着过去的保守立场。然而,必须承认,针对这些人群的高质量、大样本随机对照试验仍然相对匮乏,这构成了当前证据体系的一个主要局限性。

基金项目

卫生部国家临床重点专科建设项目(卫生部部属(管)医疗机构临床学科重点项目建设专项资金); 基于多组学解析肥胖加重 ARDS 的关键分子及其机制研究, 重庆市自然科学基金重点项目(2024NSCQ-KJFZZDX0006); “加速肥胖患者术后肺康复” 重庆市中青年医学高端人才工作室(2023GDRCGZS-20)。

参考文献

- [1] Maltby, J.R., Sutherland, A.D., Sale, J.P. and Shaffer, E.A. (1986) Preoperative Oral Fluids. Is a Five-Hour Fast Justified Prior to Elective Surgery? *Anesthesia & Analgesia*, **65**, 1112-1116. <https://doi.org/10.1213/0000539-198611000-00003>
- [2] Kaška, M., Grosmanová, T., Havel, E., Hyšpler, R., Petrová, Z., Brtko, M., *et al.* (2010) The Impact and Safety of Preoperative Oral or Intravenous Carbohydrate Administration versus Fasting in Colorectal Surgery—A Randomized Controlled Trial. *Wiener Klinische Wochenschrift*, **122**, 23-30. <https://doi.org/10.1007/s00508-009-1291-7>
- [3] Breuer, J., von Dossow, V., von Heymann, C., Griesbach, M., von Schickfus, M., Mackh, E., *et al.* (2006) Preoperative Oral Carbohydrate Administration to ASA III-IV Patients Undergoing Elective Cardiac Surgery. *Anesthesia & Analgesia*, **103**, 1099-1108. <https://doi.org/10.1213/01.ane.0000237415.18715.1d>
- [4] Nygren, J., Thorell, A., Jacobsson, H., Larsson, S., Scschnell, P., Hylén, L., *et al.* (1995) Preoperative Gastric Emptying Effects of Anxiety and Oral Carbohydrate Administration. *Annals of Surgery*, **222**, 728-734. <https://doi.org/10.1097/0000658-199512000-00006>
- [5] Järvelä, K., Maaranen, P. and Sisto, T. (2008) Pre-Operative Oral Carbohydrate Treatment before Coronary Artery Bypass Surgery. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, **52**, 793-797. <https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.2008.01660.x>
- [6] Carvalho, C.A.L.d.B., Carvalho, A.A.d., Preza, A.D.G., Nogueira, P.L.B., Mendes, K.B.V., Dock-Nascimento, D.B., *et al.* (2020) Metabolic and Inflammatory Benefits of Reducing Preoperative Fasting Time in Pediatric Surgery. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*, **47**, e20202353. <https://doi.org/10.1590/0100-6991e-20202353>
- [7] van Veen, M.R., van Hasselt, P.M., de Sain-van der Velden, M.G.M., Verhoeven, N., Hofstede, F.C., de Koning, T.J., *et al.* (2011) Metabolic Profiles in Children during Fasting. *Pediatrics*, **127**, e1021-e1027. <https://doi.org/10.1542/peds.2010-1706>
- [8] Phillips, S., Hutchinson, S. and Davidson, T. (1993) Preoperative Drinking Does Not Affect Gastric Contents. *British Journal of Anaesthesia*, **70**, 6-9. <https://doi.org/10.1093/bja/70.1.6>
- [9] Søreide, E., Strømskag, K.E. and Steen, P.A. (1995) Statistical Aspects in Studies of Preoperative Fluid Intake and Gastric Content. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, **39**, 738-743. <https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.1995.tb04162.x>
- [10] Petersen, M.C. and Shulman, G.I. (2018) Mechanisms of Insulin Action and Insulin Resistance. *Physiological Reviews*, **98**, 2133-2223. <https://doi.org/10.1152/physrev.00063.2017>
- [11] Norton, L., Shannon, C., Gastaldelli, A. and DeFronzo, R.A. (2022) Insulin: The Master Regulator of Glucose Metabolism. *Metabolism*, **129**, Article ID: 155142. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2022.155142>
- [12] Pogatschnik, C. and Steiger, E. (2015) Review of Preoperative Carbohydrate Loading. *Nutrition in Clinical Practice*, **30**, 660-664. <https://doi.org/10.1177/0884533615594013>
- [13] Henriksen, M.G., Hessov, I., Dela, F., Vind Hansen, H., Haraldsted, V. and Rodt, S.Å. (2003) Effects of Preoperative Oral Carbohydrates and Peptides on Postoperative Endocrine Response, Mobilization, Nutrition and Muscle Function in Abdominal Surgery. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, **47**, 191-199. <https://doi.org/10.1034/j.1399-6576.2003.00047.x>
- [14] Landau, B.R., Wahren, J., Chandramouli, V., Schumann, W.C., Ekberg, K. and Kalhan, S.C. (1996) Contributions of Gluconeogenesis to Glucose Production in the Fasted State. *Journal of Clinical Investigation*, **98**, 378-385. <https://doi.org/10.1172/jci118803>
- [15] Tudor-Drobjewski, B.A., Marhofer, P., Kimberger, O., Huber, W.D., Roth, G. and Triffiterer, L. (2018) Randomised Controlled Trial Comparing Preoperative Carbohydrate Loading with Standard Fasting in Paediatric Anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia*, **121**, 656-661. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2018.04.040>
- [16] Chen, L., Wang, N., Xie, G., Wang, M., Yu, Y., Wang, H., *et al.* (2024) The Safety of Preoperative Carbohydrate Drinks in Extremely Elderly Patients Assessed by Gastric Ultrasonography: A Randomized Controlled Trial. *BMC Anesthesiology*, **24**, Article No. 78. <https://doi.org/10.1186/s12871-024-02457-1>
- [17] Ljungqvist, O., Nygren, J., Soop, M. and Thorell, A. (2005) Metabolic Perioperative Management: Novel Concepts. *Current Opinion in Critical Care*, **11**, 295-299. <https://doi.org/10.1097/01.ccx.0000166395.65764.71>
- [18] Bilku, D., Dennison, A., Hall, T., Metcalfe, M. and Garcea, G. (2014) Role of Preoperative Carbohydrate Loading: A

- Systematic Review. *The Annals of The Royal College of Surgeons of England*, **96**, 15-22.
<https://doi.org/10.1308/003588414x13824511650614>
- [19] Amer, M.A., Smith, M.D., Herbison, G.P., Plank, L.D. and McCall, J.L. (2017) Network Meta-Analysis of the Effect of Preoperative Carbohydrate Loading on Recovery after Elective Surgery. *Journal of British Surgery*, **104**, 187-197.
<https://doi.org/10.1002/bjs.10408>
 - [20] Sakai, T., Planinsic, R.M., Quinlan, J.J., Handley, L.J., Kim, T. and Hilmi, I.A. (2006) The Incidence and Outcome of Perioperative Pulmonary Aspiration in a University Hospital: A 4-Year Retrospective Analysis. *Anesthesia & Analgesia*, **103**, 941-947. <https://doi.org/10.1213/01.ane.0000237296.57941.e7>
 - [21] Van den Berghe, G.H. (2004) Role of Intravenous Insulin Therapy in Critically Ill Patients. *Endocrine Practice*, **10**, 17-20. <https://doi.org/10.4158/ep.10.s2.17>
 - [22] Hausel, J., Nygren, J., Lagerkranser, M., Hellström, P.M., Hammarqvist, F., Almström, C., *et al.* (2001) A Carbohydrate-Rich Drink Reduces Preoperative Discomfort in Elective Surgery Patients. *Anesthesia & Analgesia*, **93**, 1344-1350.
<https://doi.org/10.1097/00000539-200111000-00063>
 - [23] Yuill, K.A., Richardson, R.A., Davidson, H.I.M., Garden, O.J. and Parks, R.W. (2005) The Administration of an Oral Carbohydrate-Containing Fluid Prior to Major Elective Upper-Gastrointestinal Surgery Preserves Skeletal Muscle Mass Postoperatively—A Randomised Clinical Trial. *Clinical Nutrition*, **24**, 32-37. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.06.009>
 - [24] Noblett, S.E., Watson, D.S., Huong, H., Davison, B., Hainsworth, P.J. and Horgan, A.F. (2006) Pre-Operative Oral Carbohydrate Loading in Colorectal Surgery: A Randomized Controlled Trial. *Colorectal Disease*, **8**, 563-569.
<https://doi.org/10.1111/j.1463-1318.2006.00965.x>
 - [25] Hu, Z., Liu, J. and Wang, F. (2021) Effects of Preoperative Carbohydrate Intake on Inflammatory Markers and Clinical Outcomes in Elderly Patients Undergoing Radical Prostatectomy: A Single-Centre, Double-Blind Randomised Controlled Trial. *Frontiers in Surgery*, **8**, Article ID: 744091. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2021.744091>
 - [26] Singh, B.N., Dahiya, D., Bagaria, D., Saini, V., Kaman, L., Kaje, V., *et al.* (2015) Effects of Preoperative Carbohydrates Drinks on Immediate Postoperative Outcome after Day Care Laparoscopic Cholecystectomy. *Surgical Endoscopy*, **29**, 3267-3272. <https://doi.org/10.1007/s00464-015-4071-7>
 - [27] Perrone, F., da-Silva-Filho, A.C., Adórno, I.F., Anabuki, N.T., Leal, F.S., Colombo, T., *et al.* (2011) Effects of Preoperative Feeding with a Whey Protein Plus Carbohydrate Drink on the Acute Phase Response and Insulin Resistance. A Randomized Trial. *Nutrition Journal*, **10**, Article No. 66. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-10-66>
 - [28] Gustafsson, U.O., Scott, M.J., Hubner, M., Nygren, J., Demartines, N., Francis, N., *et al.* (2018) Guidelines for Perioperative Care in Elective Colorectal Surgery: Enhanced Recovery after Surgery (ERAS®) Society Recommendations: 2018. *World Journal of Surgery*, **43**, 659-695. <https://doi.org/10.1007/s00268-018-4844-y>
 - [29] Akhtar, S., Barash, P.G. and Inzucchi, S.E. (2010) Scientific Principles and Clinical Implications of Perioperative Glucose Regulation and Control. *Anesthesia & Analgesia*, **110**, 478-497. <https://doi.org/10.1213/ane.0b013e3181c6be63>
 - [30] American Diabetes Association (2017) American Diabetes Association Standards of Medical Care in Diabetes-2017. *Diabetes Care*, **40**, S1.
 - [31] Gustafsson, U.O., Nygren, J., Thorell, A., Soop, M., Hellström, P.M., Ljungqvist, O., *et al.* (2008) Pre-Operative Carbohydrate Loading May Be Used in Type 2 Diabetes Patients. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, **52**, 946-951.
<https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.2008.01599.x>
 - [32] Laffin, M.R., Li, S., Brisebois, R., Senior, P.A. and Wang, H. (2017) The Use of a Pre-Operative Carbohydrate Drink in Patients with Diabetes Mellitus: A Prospective, Non-Inferiority, Cohort Study. *World Journal of Surgery*, **42**, 1965-1970.
<https://doi.org/10.1007/s00268-017-4413-9>
 - [33] Zhao, C., Shi, J., Zhu, N., Yang, P., Xiang, B., Dai, Y., *et al.* (2024) Clinical Effectiveness and Safety of Preoperative Oral Carbohydrate Loading in Patients with Diabetes: A Systematic Review. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, **18**, Article ID: 103140. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2024.103140>
 - [34] Rossoni, C., Oliveira Magro, D., Santos, Z.C., Cambi, M.P.C., Patias, L., Bragança, R., *et al.* (2020) Enhanced Recovery after Surgery (ERAS) Protocol in Bariatric and Metabolic Surgery (BMS)—Analysis of Practices in Nutritional Aspects from Five Continents. *Obesity Surgery*, **30**, 4510-4518. <https://doi.org/10.1007/s11695-020-04835-3>
 - [35] Frykholm, P., Schindler, E., Sümpelmann, R., Walker, R. and Weiss, M. (2018) Preoperative Fasting in Children: Review of Existing Guidelines and Recent Developments. *British Journal of Anaesthesia*, **120**, 469-474.
<https://doi.org/10.1016/j.bja.2017.11.080>
 - [36] Søreide, E., Eriksson, L.I., Hirlekar, G., Eriksson, H., Henneberg, S.W., Sandin, R., *et al.* (2005) Pre-Operative Fasting Guidelines: An Update. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*, **49**, 1041-1047.
<https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.2005.00781.x>
 - [37] Flick, R.P., Schears, G.J. and Warner, M.A. (2002) Aspiration in Pediatric Anesthesia: Is There a Higher Incidence Compared with Adults? *Current Opinion in Anaesthesiology*, **15**, 323-327.

-
- <https://doi.org/10.1097/00001503-200206000-00008>
- [38] Litman, R.S., Wu, C.L. and Quinlivan, J.K. (1994) Gastric Volume and pH in Infants Fed Clear Liquids and Breast Milk Prior to Surgery. *Anesthesia & Analgesia*, **79**, 482-485. <https://doi.org/10.1213/00000539-199409000-00013>
- [39] Brady, M.C., Kinn, S., Ness, V., O'Rourke, K., Randhawa, N. and Stuart, P. (2009) Preoperative Fasting for Preventing Perioperative Complications in Children. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, No. 4, CD005285. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd005285.pub2>
- [40] Cook-Sather, S.D., Gallagher, P.R., Kruge, L.E., Beus, J.M., Ciampa, B.P., Welch, K.C., *et al.* (2009) Overweight/Obesity and Gastric Fluid Characteristics in Pediatric Day Surgery: Implications for Fasting Guidelines and Pulmonary Aspiration Risk. *Anesthesia & Analgesia*, **109**, 727-736. <https://doi.org/10.1213/ane.0b013e3181b085ff>
- [41] Shi, H., Zheng, C. and Zhu, B. (2024) Effects of Preoperative Oral Carbohydrate on Perioperative Maternal Outcomes Undergoing Cesarean Section: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Anesthesiology Research and Practice*, **2024**, Article ID: 4660422. <https://doi.org/10.1155/2024/4660422>