

Nutritional management after Gastric and Bariatric Surgery

นพ.ปวัน ไกรนรา

อ.นพ.กำธร ยลสุริย์วงศ์ ที่ปรึกษา

Introduction

การผ่าตัดกระเพาะอาหารมีหลากหลายวิธีแตกต่างกันไปในแต่ละโรคที่ผู้ป่วยได้รับการวินิจฉัย ไม่ว่าจะเป็นกลุ่มที่เป็น benign หรือแม้กระทั่ง malignant lesion ซึ่งแน่นอนว่าการผ่าตัดทุกชนิดย่อมมีภาวะแทรกซ้อนที่อาจตามมาหลังจากการผ่าตัดได้

การผ่าตัดกระเพาะอาหารในกลุ่มของ Gastric disease มีความแตกต่างในการผ่าตัดกันอยู่พอสมควร โดยหากเป็นโรคในกลุ่ม peptic ulcer การผ่าตัดจะมีวัตถุประสงค์เพื่อเอาแผลในกระเพาะอาหารออกไปพร้อมกับอาจจะเพื่อลดปริมาณของกรดในกระเพาะอาหารในบางกลุ่มที่แผลดังกล่าวสัมพันธ์กับการหลังกรดในกระเพาะอาหารที่มากขึ้น ส่วนการผ่าตัดผู้ป่วยในกลุ่มที่เป็นมะเร็งของกระเพาะอาหารชนิด Adenocarcinoma จำเป็นที่จะต้องผ่าตัดกระเพาะอาหารออกตาม anatomic resection รวมทั้งเลาะต่อมน้ำเหลืองรอบข้างไปด้วย แต่บางชนิด เช่น GIST การผ่าตัด มีวัตถุประสงค์ในการเอาก้อนเนื้อออกออก โดยไม่ต้องผ่าตัดตาม anatomic resection รวมทั้งไม่ต้องผ่าตัดเลาะต่อมน้ำเหลือง แต่ปัจจัยหลักที่จะทำให้เกิดภาวะขาดสารอาหารนั้นขึ้นกับตำแหน่งของกระเพาะอาหารที่ผ่าตัดออกไป

ในส่วนของการผ่าตัดผู้ป่วยโรคอื่นก็เช่นเดียวกัน ซึ่งในปัจจุบันมีการผ่าตัดหลากหลายวิธี

เป้าหมายของ Bariatric surgery คือ การลดน้ำหนัก, การแก้ไขปัญหามภาวะโภชนาการ ในขณะเดียวกันก็ต้องป้องกันการเกิดภาวะขาดสารอาหาร หรือการสูญเสีย lean body mass^{1,2} การผ่าตัด Bypass ซึ่งหมายถึง Roux-en-Y gastric bypass (RYGB) และ biliopancreatic diversion with duodenal switch (BPD-DS) เป็นหัตถการที่ไม่มีผลในแง่ของ Micronutrient malabsorption²⁻⁸ ในส่วนของ Sleeve Gastrectomy (SG) ซึ่งเป็นหัตถการที่นิยมทำกันมากในปัจจุบัน แม้ว่าจะไม่ได้มีขั้นตอนของการทำ Bypass ในหัตถการ Sleeve gastrectomy แต่ก็สามารถทำให้เกิด nutritional deficits ได้เช่นเดียวกัน เนื่องจากภาวะอ้วนเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญของภาวะทุพโภชนาการ จึงจำเป็นอย่างยิ่ง ที่จะต้องมีการตรวจคัดกรองภาวะทุพโภชนาการ รวมถึงแก้ไขภาวะดังกล่าวก่อนที่จะทำการรักษาโดยการผ่าตัดต่อไป

สาเหตุของ micronutrients deficiency หลังการ ผ่าตัด gastric surgery ซึ่งรวมถึง การผ่าตัด Bariatric surgery เกิดได้จากหลายกลไก เช่น ปริมาณการกินอาหารที่ลดลง การดูดซึมอาหารที่เปลี่ยนแปลงไป หรือแม้กระทั่ง inadequate supplementation เพราะฉะนั้นการดูแลเรื่องอาหารหลังการผ่าตัด, Micronutrient deficiency และการจัดการภาวะโภชนาการในผู้ป่วยหลังการทำ Gastric surgery จึงเป็นเรื่องที่สำคัญมาก

Mechanism of Nutrient absorption

Stomach

กระเพาะอาหารมีลักษณะเป็น J-shape ซึ่งสามารถยืดหดเพื่อเป็นที่พักอาหารที่รับประทานเข้าไปเป็นการชั่วคราว ร่วมกับมีการย่อยอาหารเริ่มเกิดขึ้นที่นี่ ซึ่งเกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อบริเวณกระเพาะอาหาร ทำให้อาหารมีขนาดเล็กลง นอกจากนั้นกระเพาะอาหารหลั่งกรดและเอนไซม์ ทำให้เกิดกระบวนการ Chemical breakdown เช่น Pepsin ทำให้โปรตีนเริ่มมีการแตกตัว และกระบวนการสุดท้าย ส่งผ่านอาหารเหล่านั้นเข้าสู่ลำไส้เล็ก

เซลล์ต่างๆ ของกระเพาะอาหารที่มีผลต่อการย่อย คือ Mucous cell ซึ่งจะทำหน้าที่ในการหลั่ง Alkaline mucus ปกป้อง stomach epithelium จาก Hydrochloric acid ซึ่งเซลล์นี้จะพบได้บริเวณ Fundus, cardia และ pylorus

Parietal cell พบได้บริเวณ fundus, cardia และ pylorus ซึ่งทำหน้าที่ในการหลั่งกรด Hydrochloric acid ซึ่งทำหน้าที่ในการกระตุ้นการหลั่ง pepsin อันนำไปสู่การย่อย protein ต่อไป ภาวะเป็นกรดยังช่วยในการทำลาย microorganism ที่เข้าไปพร้อมอาหารอีกด้วย นอกจากนี้ Parietal cell ยังทำหน้าที่หลั่ง intrinsic factor ซึ่งเป็น Glycoprotein ชนิดหนึ่งซึ่งมีผลในการดูดซึม Vitamin B12

Chief cells เป็นตัวหลั่ง pepsin ซึ่งทำหน้าที่ในการร่วมต้นกระบวนการย่อยโปรตีน ซึ่ง chief cell จะอยู่บริเวณตำแหน่ง fundus และสุดท้ายคือ G cell ซึ่งอยู่บริเวณ fundus pylorus และ body จะหลั่ง Gastrin ซึ่งมีผลต่อการหลั่งกรด hydrochloric

Duodenum

Duodenum มีความยาวประมาณ 1 ฟุต เป็นอวัยวะที่ต่อเนื่องลงมาจาก stomach และไปสิ้นสุดที่ ligament of Treitz

ในส่วนของการย่อยอาหาร หลังจากอาหารผ่านมาจากกระเพาะอาหาร(Chyme) เข้าสู่ duodenum จะกระตุ้นให้เกิดการหลั่ง secretin และ Cholecystokinin ซึ่งหลั่งจาก epithelial cell wall ของ duodenum กระตุ้นและส่งสัญญาณให้มีการหลั่งน้ำดีจากทางเดินน้ำดี และ digestive enzyme จากตับอ่อน ซึ่งน้ำมาสู่กระบวนการย่อยอาหารของ duodenum

การดูดซึมที่สำคัญของ duodenum คือหน้าที่ในการดูดซึม iron นอกจากนั้น Vitamin A, Vitamin B1, Calcium, Glycerol, Fatty acid, monoglycerides, amino acids, monosaccharides ก็จะมีเริ่มต้นดูดซึมที่ duodenum อีกด้วย

Jejunum

เป็นส่วนที่ต่อจาก Duodenum ตั้งแต่ตำแหน่ง ligament of Treitz ลงมา ซึ่งมีความยาวโดยเฉลี่ยประมาณ 1.5 เมตร โดยทั่วไปจะไม่ได้มี anatomy ที่บ่งบอกได้ชัดๆ ในการแบ่ง jejunum และ ileum

หน้าที่สำคัญของ jejunum คือเป็นอวัยวะหลักสำคัญในการดูดซึม ทั้ง Protein, carbohydrate, amino acid, sugar, fatty acid particles, vitamins, minerals, electrolytes and น้ำ

Ileum

เป็นส่วนลำไส้เล็กที่ต่อเนื่องมาจาก jejunum และไปเชื่อมต่อกับลำไส้ใหญ่ผ่าน ileocecal valve โดย Ileum มีความยาวโดยเฉลี่ยประมาณ 3.5 เมตร

ประเด็นสำคัญของ ileum คือหน้าที่ในการดูดซึม vitamin B12, water soluble vitamins, bile salts ซึ่งผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดส่วน ileum ออก จำเป็นที่จะต้องได้รับ Vitamin B12 supplement

Gastric Surgery Procedures

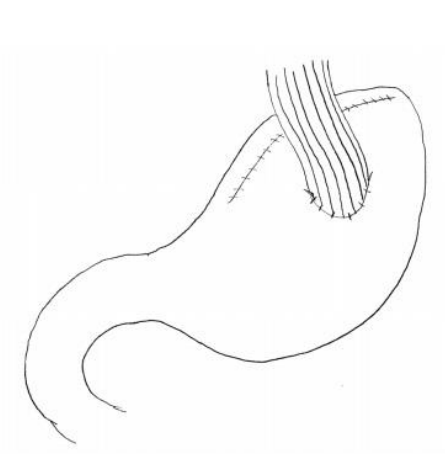
กลุ่มโรคที่ได้รับการรักษาโดยการผ่าตัดกระเพาะอาหาร แบ่งเป็น Benign lesion และ Malignant lesion ในกลุ่มของ benign lesion มักเป็นกลุ่มโรค peptic ulcer โดยจะผ่าตัดเพื่อตัดแผลบริเวณกระเพาะอาหารออก รวมทั้งลดการหลั่งกรดในกลุ่มที่สัมพันธ์กับการหลั่งกรดในปริมาณที่มาก แม้ว่าปัจจุบันจะมีการผ่าตัดในกลุ่มโรคนี้ลดน้อยลงก็ตาม ส่วนในกลุ่ม Malignant lesion การผ่าตัดมีด้วยกันหลายเทคนิคซึ่งขึ้นกับระยะของโรคและชนิดของมะเร็ง ซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป

Proximal Gastrectomy

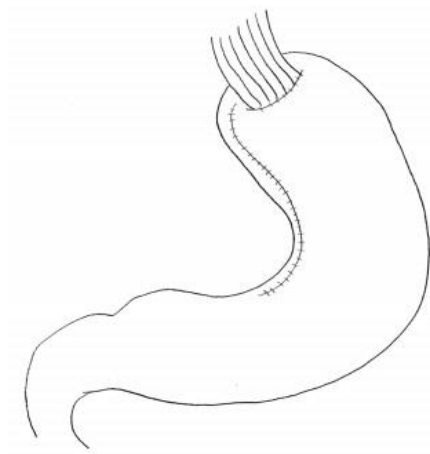
การผ่าตัด Proximal gastrectomy มีที่ใช้ในกลุ่มผู้ป่วย proximal early gastric cancer (EGC) ซึ่งมีหลายการศึกษาพบว่า total body weight loss น้อยกว่ากลุ่มผู้ป่วยที่ผ่าตัดแบบ Total gastrectomy⁹⁻¹⁵ แต่ล่าสุดมี meta-analysis สรุปออกมาว่า nutritional benefits และ total body weight loss ในกลุ่มที่ได้รับการผ่าตัด Proximal gastrectomy และ Total gastrectomy นั้นไม่มีความแตกต่างกัน^{16, 17} แต่จะได้ประโยชน์ชัดเจนในเรื่อง Hemoglobin level โดยกลุ่ม Proximal gastrectomy มีค่า Hemoglobin level ที่สูงกว่า กลุ่ม Total gastrectomy อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

18-22

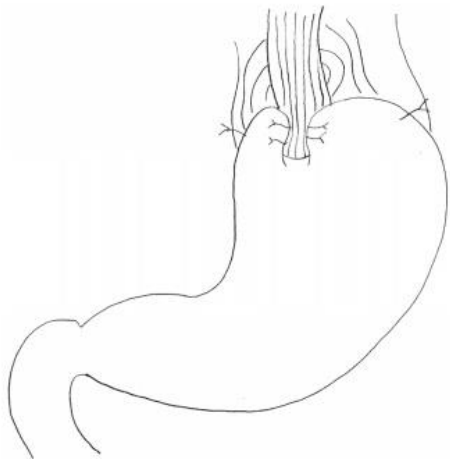
การผ่าตัด Proximal gastrectomy ควรเลาะต่อมน้ำเหลือง D1+ โดยเลาะต่อมน้ำเหลือง station 1, 2, 3a, 4sa, 4sb, 7, 8a, 9 และ 11p²³ ในส่วนของการ Reconstruction มีได้หลายรูปแบบ เช่น 1) Esophagogastrostomy, 2) Esophagogastrostomy with gastric tube, 3) Esophagogastrostomy with Fundoplication, 4) Esophagojejunostomy with jejunal interposition และ 5) Esophagogastrostomy double tract reconstruction ดังรูปที่ 1 ซึ่งทำให้เกิด Nutritional deficiency แตกต่างกันไปบ้างโดยเฉพาะกลุ่มที่มีการใช้ jejunum เข้ามาทำการ reconstruction ซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป



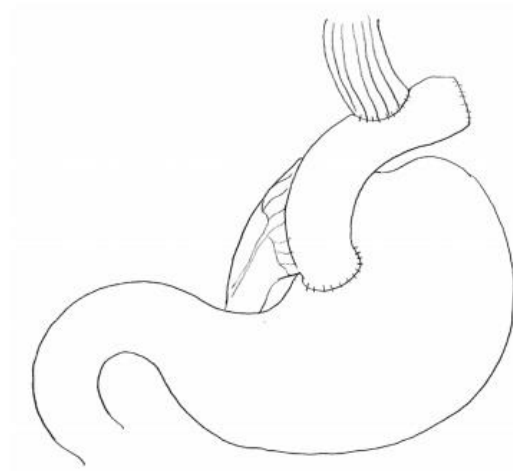
1. Esophagogastrostomy.



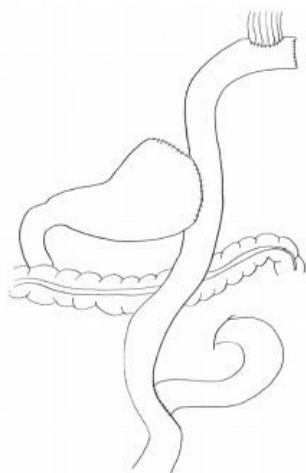
2. Esophagogastrostomy with gastric tube.



3. Esophagogastrostomy with fundoplication.



4. Esophagojejunostomy: jejunal interposition.

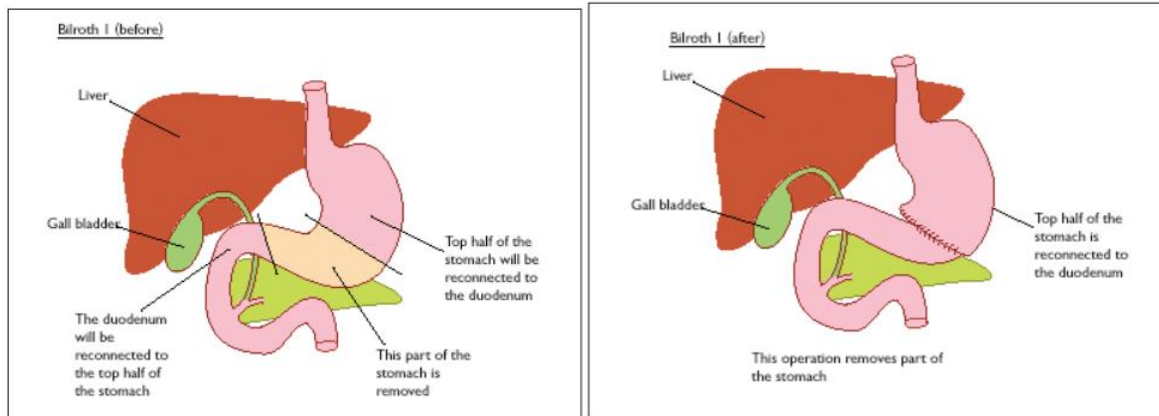


5. Esophagojejunostomy: double tract reconstruction.

รูปที่ 1 แสดงการ Reconstruction แบบต่างๆ ภายหลังจากผ่าตัด Proximal gastrectomy

Hemigastrectomy Billroth I method

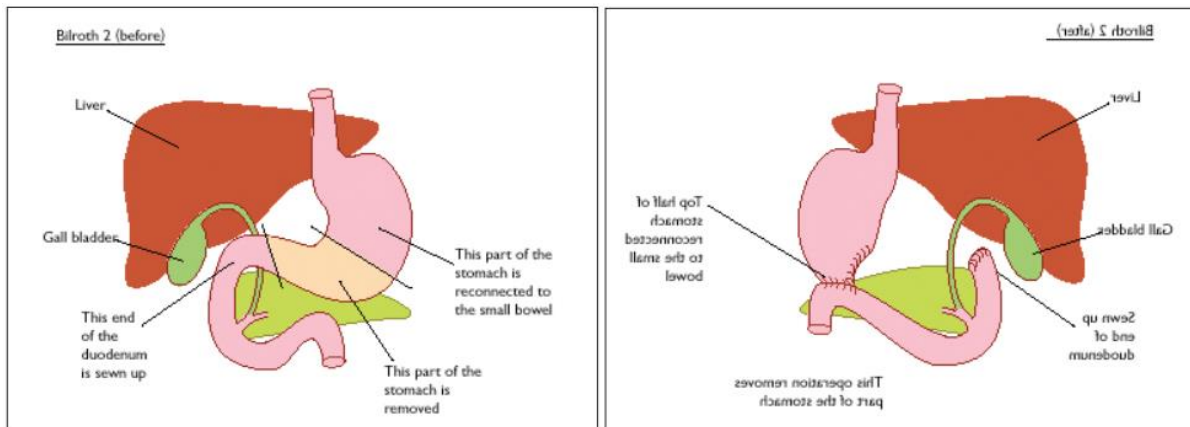
เป็นการผ่าตัดที่ใช้ในการรักษาผู้ป่วยกลุ่ม Gastric ulcer ซึ่ง Landmark ในการ resection ฝั่ง Greater curvature คือจุดที่ left gastroepiploic artery เทเข้าใกล้ greater curvature wall มากที่สุด ส่วนทางด้าน lesser curvature ให้ divide stomach ตรงตำแหน่ง just distal ต่อ third prominent vein ของ lesser curvature ในส่วนของ distal stump จะ resection บริเวณ 1-1.5 cm ใต้ต่อ pylorus และทำ gastroduodenal anastomosis ดังรูป



รูปที่ 2 Hemigastrectomy Billroth I method

Hemigastrectomy Billroth II method

ในส่วนของ Billroth II method การผ่าตัดจะคล้ายคลึงกับ Billroth I แต่จะทำเป็น Gastrojejunostomy anastomosis ดังรูป

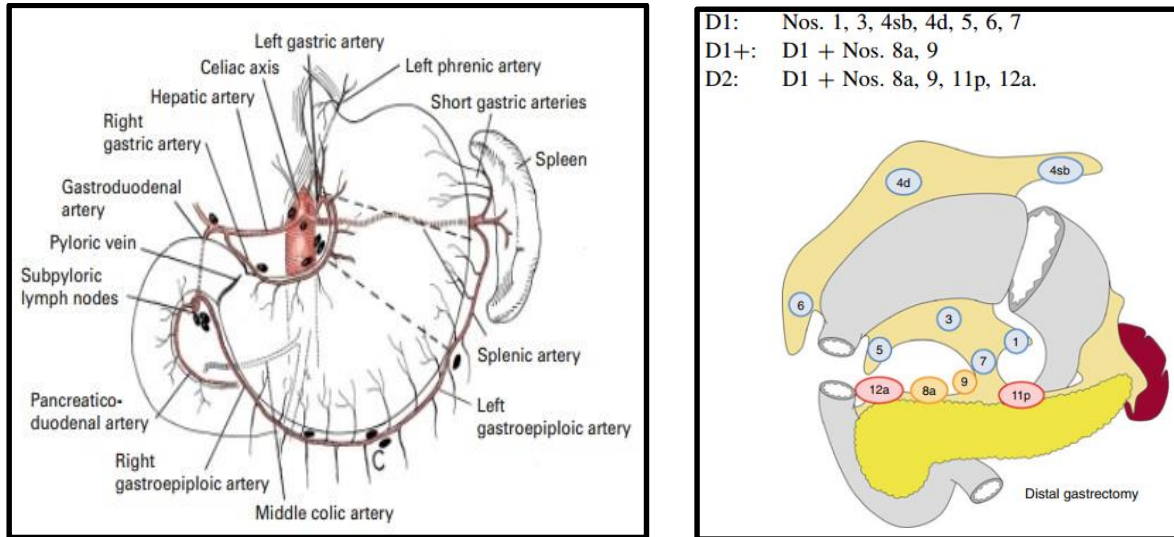


รูปที่ 3 Hemigastrectomy Billroth II method

Subtotal gastrectomy

เป็นการผ่าตัดกระเพาะอาหารในผู้ป่วยทั้งกลุ่มที่เป็น cancer และ ulcer โดยจะ resection กระเพาะอาหารออกไปประมาณ 80% ของกระเพาะอาหารทั้งหมด โดยทางด้าน lesser curvature ให้ Preserve 1st branch ที่มาเลี้ยง

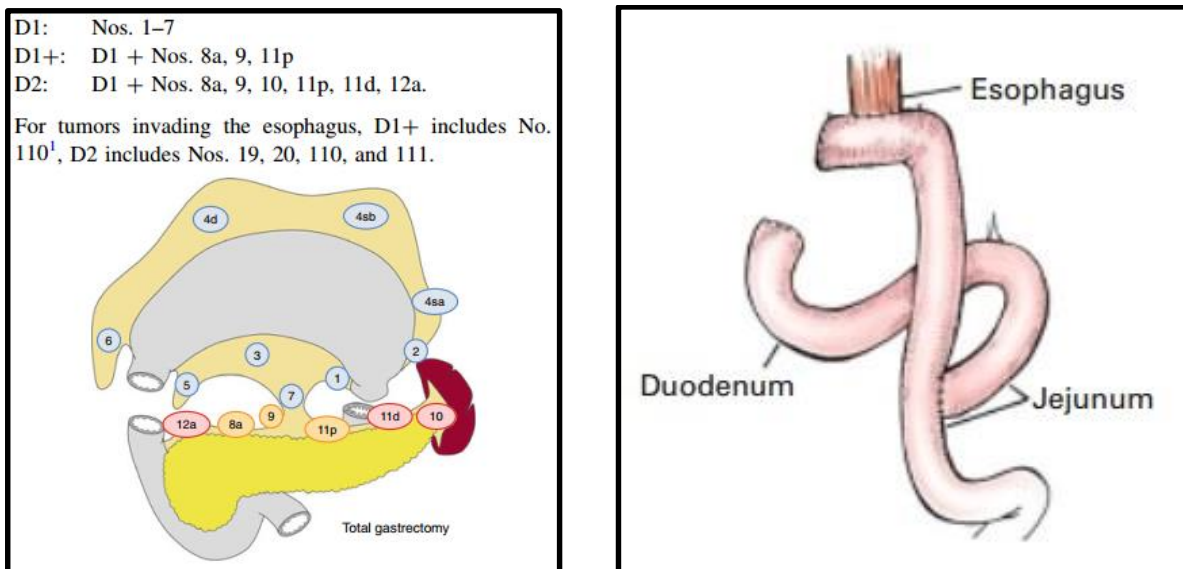
บริเวณ lesser curvature ส่วนทาง greater curvature ให้ resection ตั้งแต่บริเวณ origin ของ Rt gastroepiploic artery ซึ่งแตก branch มาจาก splenic artery รวมทั้งต้องมีการทำ Lymphadenectomy ในกลุ่มที่เป็น cancer ดังรูป ไม่ว่าจะ เป็น D1, D1+ หรือ D2 ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะของโรคที่เป็น²⁴



รูปที่ 4 Subtotal gastrectomy and lymphadenectomy

Total gastrectomy

ใช้ในการรักษาผู้ป่วยกลุ่มที่เป็น Extensive stomach malignancies ซึ่งการผ่าตัดจะ resection stomach ออกทั้งหมด รวมถึงการทำ Lymphadenectomy ซึ่งพิจารณาจากระยะของโรคเช่นเดียวกัน²⁴ และทำการ reconstruction โดยการทำให้ esophagojejunostomy ดังรูป



รูปที่ 6 Total gastrectomy with lymphadenectomy with reconstruction

Bariatric Surgery procedures

แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลักๆ คือ Restrictive Procedure, Malabsorptive procedure และ Combination restrictive and malabsorptive procedure²⁵

1. Restrictive procedures

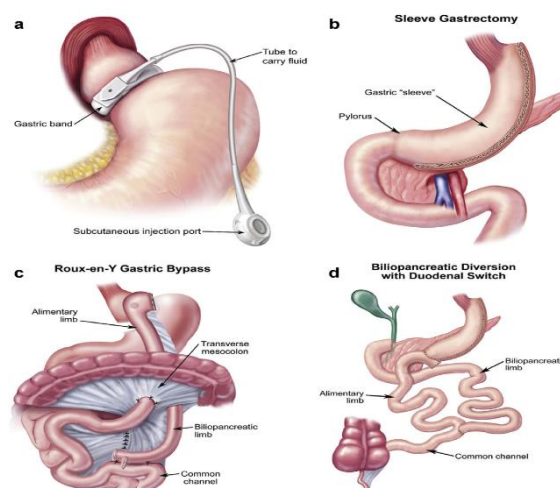
คือการผ่าตัดเพื่อลดขนาดกระเพาะอาหาร เพื่อให้รับประทานอาหารได้น้อยลง และทำให้รู้สึกอิ่มเร็วขึ้น(early satiety) ซึ่งการผ่าตัดในกลุ่มนี้ได้แก่ adjustable gastric banding, sleeve gastrectomy, banded sleeve gastrectomy, gastric plication, adjustable gastric banded plication เป็นต้น ปัจจุบัน Adjustable gastric banding นั้นมีความนิยมลดลงเนื่องจากมีปัญหาต้องกลับมาผ่าตัดซ้ำสูงกว่าแบบอื่นๆ อีกทั้งยังต้องการความร่วมมือจากผู้ป่วยเพื่อกลับมาปรับขนาดสายรัดอย่างสม่ำเสมอ ส่วนการผ่าตัด sleeve gastrectomy นั้น ปัจจุบันเป็น Bariatric procedure ที่ทำกันมากที่สุดในสหรัฐอเมริกา เนื่องจากเทคนิคการผ่าตัดไม่ยุ่งยาก และมี % excess weight loss(%EWL) สูงถึง 60-70%

2. Malabsorptive procedures

คือการผ่าตัดเพื่อลดการดูดซึมสารอาหาร โดยการผ่าตัดเพื่อลดทางเดินอาหาร ให้อาหารไหลลัดผ่านไปพบกับน้ำย่อยที่ลำไส้เล็กส่วนปลาย โดยจะไม่มีรอยต่อและดูดซึมสารอาหารที่ลำไส้เล็กส่วนต้น ได้แก่ Duodenojejunal bypass, Jejunoleal bypass(JIB), Jejunocolonic bypass(JCB) เป็นต้น สำหรับหลักการผ่าตัดแบบ Pure malabsorption นั้นมีที่ทำในบางสถาบันเท่านั้น สำหรับการผ่าตัดแบบ JIB และ JCB นั้นพบว่ามี long-term complication มาก โดยเฉพาะภาวะ cirrhosis จึงไม่มีการทำแล้วในปัจจุบัน

3. Combination restrictive and malabsorptive procedures

ซึ่งได้แก่ Roux-en-Y gastric bypass(RYGB), banded RYGB, biliopancreatic diversion with/without duodenal switch(BPD+DS/BPD), mini gastric bypass, single anastomosis duodenoileal bypass with sleeve(SADIS), loop duodenojejunal bypass with sleeve gastrectomy(LDJB-SG) เป็นต้น ซึ่งการผ่าตัด RYGB หรือ BPD/BPD-DS นั้น ปัจจุบันเป็นการผ่าตัดที่เป็นมาตรฐาน(standard procedure) และมีข้อมูลการศึกษาในระยะยาว(long-term results) ที่ดี



รูปที่ 7 ชนิดการผ่าตัด a.adjustable gastric banding, b.sleeve gastrectomy, c.Roux-en-Y gastricbypass และ d.biliopancreatic diversion with duodenal switch

Nutritional management

การดูแลภาวะโภชนาการของผู้ป่วยหลังการผ่าตัดกระเพาะอาหารที่ไม่ใช่การผ่าตัดโรคอ้วน ต้องระมัดระวังเรื่อง Weight loss เนื่องจากจากการศึกษาพบว่า กลุ่มผู้ป่วยเหล่านี้อาจมีน้ำหนักตัวที่ลดลงได้ 10-30% เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนผ่าตัด²⁶⁻³¹ ซึ่งอาจจะมีสาเหตุได้จากหลายกลไก เช่น การรับประทานอาหารไม่เพียงพอ ภาวะการดูดซึมอาหารที่ผิดปกติไป รวมถึงการที่กระเพาะอาหารมี transit time ที่เพิ่มขึ้น และมี bacterial overgrowth เพิ่มมากขึ้น การติดตามภาวะโภชนาการในช่วง early post operative เป็นกุญแจสำคัญในการป้องกันภาวะทุพโภชนาการ

ส่วนการดูแลเรื่องโภชนาการของผู้ป่วยหลัง Bariatric surgery มีวัตถุประสงค์ที่เหมือนกันคือ ไม่ให้เกิดภาวะทุพโภชนาการทั้ง macronutrient, micronutrient และ trace mineral แต่มีความแตกต่างกันคือ Bariatric surgery จำเป็นที่จะต้องดูแลเรื่องอาหารกลุ่มที่ให้พลังงานร่วมด้วยเป็นสำคัญเนื่องจากมีผลต่อน้ำหนักที่ลดลงหรือเพิ่มขึ้นโดยตรง ส่วนในระยะสั้น การดูแลเรื่องอาหารไม่มีความแตกต่างกันมากนัก

Early diet

การดูแลเรื่องอาหาร หลังการทำ Bariatric Surgery ใช้หลักการ staged approach ซึ่งเน้นไปที่โภชนาการในแต่ละ stage ซึ่งให้ความสำคัญในแง่องค์ประกอบของอาหารและปริมาณที่ควรได้รับ ซึ่งประโยชน์จากการวางแผนดูแลเรื่องอาหารที่ดี จะนำไปสู่ทั้งการฟื้นตัวหลังผ่าตัดในระยะแรก รวมถึงภาวะโภชนาการในระยะยาวหลังการผ่าตัด

ตารางที่ 1 Diet recommendations after Roux en Y Gastric Bypass and Gastric Sleeve Procedures

Diet stage	Begin	Fluids/food	Guidelines
Stage I			
	Post-op day 1 and 2	Clear liquids: Non-carbonated; no calories No sugar; no caffeine	Post-op day 1 patients undergo a gastrogaffin swallow test for leak; once tested, begin sips of clear liquids
Stage II			
	Post-op day 3 (discharge diet)	Clear liquids: Variety of no sugar liquids or artificially sweetened liquids	Patients should consume a minimum of 48-64 ounces of total fluids per day; 24-32

		<p>Encourage patients to have salty fluids at home</p> <p>Solid liquids: sugar free ice pops</p> <p>Plus GBP full liquids:</p> <p>Less than 25 grams sugar per serving; protein rich liquids (limit 25-30 grams protein per serving of added powders)</p>	<p>ounces or more ounces clear liquids; plus 24-32 ounces of any combination of full liquids:</p> <p>1 percent or skim milk plain or mixed with:</p> <p>Whey or soy protein powder (limit 30 g protein per serving)</p> <p>Whey isolates if lactose intolerant</p> <p>Lactaid milk or soy milk mix with soy protein powder</p> <p>Light yogurt, no fruit chunks</p> <p>Plain yogurt; Greek yogurt</p>
Stage III			
Week 1	Post-op day 10-14*	<p>Increase GBP clear liquids (total liquids 48-64 plus ounces per day) and replace full liquids with soft, moist, diced, ground or pureed protein sources as tolerated</p> <p>Stage III week one: Eggs, ground meats, poultry, soft, moist fish, added gravy, bouillon, light mayo to moisten, cooked bean, hearty bean soups, cottage cheese, low fat cheese, yogurt</p>	<p>Protein food choices are encouraged for 3-6 small meals per day; patients may only be able to tolerate a couple of Tbs. at each meal/snack. Protein should be moist and ground, pureed or diced.</p> <p>Encourage patients not to drink with meals and to wait ~30 minutes after each meal before resuming fluids</p>
Week 2	4-weeks post-op	<p>Advance diet as tolerated; if protein foods; add well-cooked, soft vegetables; and, soft and/or peeled fruit.</p> <p>Always eat protein first.</p>	<p>Adequate hydration is essential and a priority for all patients during the rapid weight loss phase</p>
Week 3 May switch to pill form of supplement	5-weeks post-op	<p>Continue to consume protein with some fruit or vegetable at each meal; some people</p>	<p>AVOID rice, bread and pasta until patient is comfortably consuming 60</p>

		tolerate salads one month post-op	grams protein per day and fruits/vegetables
Stage IV			
Vitamin and mineral supplement daily	As hunger increases and more food is tolerated	Healthy solid food diet	Healthy, balanced diet consisting of adequate protein, fruits, vegetables and whole grains; calorie needs based on height, weight, age

ตารางที่ 2 Diet recommendations after biliopancreatic diversion (duodenal switch)

Diet stage	Begin	Fluids/food	Guidelines
Stage I			
	Post-op day 1 and 2	Clear liquids: Non-carbonated; no calories No sugar; no caffeine	Clear liquids started after swallow test
Stage II			

<p>Begin supplementation:</p> <p>Chewable multivitamin with minerals, 2/d</p> <p>Iron supplement</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Add vitamin C for absorption if not already included within the supplement <p>Chewable or liquid calcium citrate containing vitamin D, 2000 mg/d</p> <p>Vitamin B12: at least 350-500 g crystalline daily; might need vitamin B12 intramuscularly</p> <p>Fat-soluble vitamins: A, D, E, K</p> <ul style="list-style-type: none"> ● High risk for fat-soluble vitamin deficiencies ● A: 5000-10,000 IU/d ● D: 600-50,000 IU/d ● E: 400 IU/d ● K: 1 mg/d <p>Advise ADEK tablets 2/d</p>	<p>Postop day 3</p>	<p>Clear liquids</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Variety of no-sugar liquids or artificially sweetened liquids ● Encourage patients to have salty fluids at home ● Solid liquids: sugar-free ice pops <p>PLUS full liquids</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 15 g of sugar per serving ● Protein-rich liquids 	<p>Protein malnutrition is the most severe macronutrient complication after BPD/DS; regular monitoring and assessment of protein intake and status are very important 90 g of protein a day is recommended; since early postop this is difficult for most patients, set goal to consume 60 g of protein per day plus clear liquids, and increase as tolerated. Patients should consume a minimum of 64 ounces of total fluids per day; 24-32 ounces or more of clear liquids plus 4-5 eight-ounce servings a day of any combination of full liquids—1% or skim milk, Lactaid nonfat milk, or nonfat soy milk fortified with calcium mixed with:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Whey or soy protein powder (20-25 g protein per serving of protein powder) ● Light yogurt, blended ● Plain yogurt; Greek yogur
<p>Stage III</p>			
	<p>Post-op day 10-14</p>	<p>Increase clear liquids (total liquids, 75 ounces per day), and replace full liquids with soft, moist, diced, ground or pureed protein sources as tolerated</p> <p>Stage III, week 1: eggs, ground meats, poultry, soft, moist fish, added nonfat gravy, bouillon, light mayonnaise to moisten, cooked bean, hearty bean</p>	<p>Protein food choices are encouraged for 3-6 small meals per day; patients may only be able to tolerate a couple of Tbs. at each meal/snack. Protein should be moist and ground, pureed or diced. Encourage patients not to drink with meals and to wait ~30 minutes after each meal before resuming fluids</p>

		soups, low-fat cottage cheese, low-fat cheese, light yogurt cheese, low fat cheese, yogurt	
	6 weeks postop	Advance diet as tolerated; add well-cooked, soft vegetables and soft and/or peeled fruit. Always eat protein first	Patients should be counseled to focus on protein at every meal and snack and to avoid starches or concentrated carbohydrates; 10-12 ounces of lean meats, poultry, fish, or eggs or some combination of high biologic value protein and protein supplement powders. Adequate hydration is essential and a priority for all patients during the rapid weight-loss phase. Wait 30 minutes after meals before resuming liquids
	12 weeks postop	Continue to consume protein with some fruit or vegetable at each meal; some people tolerate salads at 1 month postop; starches should be limited to whole grain crackers with protein, potato, and/or dry low-sugar cereals moistened with milk. Protein continues to be a high priority	AVOID rice, bread, and pasta until patient is comfortably consuming 90 g of protein per day plus fruits and vegetables

โดยทั่วไป diet stage จะเริ่มด้วย clear liquids ในวันแรกและวันที่ 2 หลังผ่าตัด หลังจากนั้นจะให้ผู้ป่วยรับประทาน Full liquid diet ไปจนกระทั่งครบ 2 สัปดาห์หลังผ่าตัด ซึ่งเน้นอาหารจำพวกโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตรวมทั้ง hydration ให้เพียงพอ วัตถุประสงค์ของการให้อาหารเหลวในช่วงแรกเนื่องจากช่วยหลีกเลี่ยงการ irritation รอยต่อของการผ่าตัด หลังจาก 2 สัปดาห์จะเริ่มให้เป็น Soft diet ที่เป็นลักษณะ moist food ซึ่งเน้นไปที่กลุ่มโปรตีน แต่ก็มีส่วนประกอบของ carbohydrate และ fiber หลังจากนั้นเมื่อบริเวณผ่าตัด heal ดีแล้ว และผู้ป่วยสามารถ tolerate อาหารได้มากขึ้น ก็จะค่อยๆปรับอาหารให้เป็นรูปแบบ Solid มากขึ้น

ในแต่ละ diet stage สารอาหารที่สำคัญ และลักษณะของอาหารเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องมีแนวทางที่ค่อนข้างชัดเจน และจะต้องให้ผู้ป่วยนำไปปรับใช้ได้ง่ายอีกด้วย^{2-8, 32}

Hydration and liquids

ในช่วง Immediate post op จะเน้นเรื่องการ hydration และ Protein intake โดยจะให้ผู้ป่วยเริ่ม clear liquid diet ก่อนในช่วงวันแรกหลังการผ่าตัด และหลังจากนั้นจะให้ผู้ป่วยกลับบ้านในช่วงที่รับประทาน Full liquid diet โดยเป็นอาหารที่มีส่วนประกอบของโปรตีนเป็นหลักและมีส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตร่วมด้วย โดยผู้ป่วยจำเป็นต้องมีความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอาการและอาการแสดงของภาวะ dehydration โดยผู้ป่วยทุกคนควรที่จะได้รับความรู้ก่อนผ่าตัดในประเด็นเกี่ยวกับอาหารที่เหมาะสมภายหลังการผ่าตัด ซึ่งอาจจะหมายถึงรวมถึง ลิสต์อาหาร ตัวอย่างอาหาร หรือแม้กระทั่ง ตัวอย่างมื้ออาหาร ซึ่งอาจจำเป็นต้องมี guidelines ให้ผู้ป่วยกลับไปตอน discharge

Soft solid foods

ประมาณ 2 สัปดาห์หลังการผ่าตัด จะแนะนำให้ผู้ป่วยเริ่มรับประทานอาหาร Soft solid food โดยจะให้ผู้ป่วยรับประทานอย่างช้าๆ ในช่วงแรก อีกทั้งต้องเคี้ยวอาหารให้ละเอียด และหยุดการรับประทานทันทีที่รู้สึกอิ่ม รวมทั้งหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารและเครื่องดื่มไปพร้อมๆ กัน

ผู้ป่วยบางคนมีอาการอาเจียนหรือมีอาการจุกแน่นบริเวณลิ้นปี่ หากผู้ป่วยรับประทานอาหารเร็วเกินไป หรือรับประทานในปริมาณมากเกินไป ในช่วงเดือนแรกๆ หลังการผ่าตัด จะเป็นช่วงสำคัญที่ผู้ป่วยต้องเรียนรู้ที่จะรับประทานเพื่อรู้สึกอิ่ม เนื่องจากการรับประทานในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้ผู้ป่วยมีอาการอาเจียน ซึ่งโดยส่วนมากผู้ป่วยมักจะเรียนรู้ที่จะปรับตัวได้ค่อนข้างเร็ว

Vitamin and mineral supplementation

แนวทางการให้ micronutrient supplementation หลังการผ่าตัด RYGB หรือ LSG มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Calcium citrate with vitamin D, Calcium carbonate

สามารถพิจารณาเลือกตัวใดตัวหนึ่งในการให้แก่ผู้ป่วยได้ โดยตัว Calcium citrate จะสามารถดูดซึมได้ดีกว่า Calcium carbonate ในสภาวะความเป็นกรดที่ลดลง โดยเฉพาะกลุ่มที่ผ่าตัด RYGB แต่ก็มีข้อเสียคือราคาที่แพงกว่าและอาจจะหาซื้อได้ยากกว่า Calcium carbonate

ส่วน Calcium carbonate แนะนำให้ในกลุ่มผู้ป่วยหลังการผ่าตัด LSG เนื่องจากยังสามารถดูดซึมได้ดีค่อนข้างดี เพราะยังคงเหลือ gastric acid producing cell ไว้ ข้อดีอีกประการคือ มีราคาค่อนข้างถูกและสามารถหาซื้อได้ง่าย มีเกือบทุกโรงพยาบาล

Vitamin D

แนะนำให้ Vitamin D3 2000 IU วันละครั้ง เพื่อป้องกัน Vitamin D deficiency

Vitamin B12

การดูดซึม Vitamin B12 มีปัจจัยหลายอย่าง เริ่มจากภาวะความเป็นกรดในกระเพาะอาหารเพื่อแยก vitamin B12 ออกจากอาหารจำพวกโปรตีน และอาศัย Intrinsic factor เพื่อให้มีการดูดซึม ดังนั้น ผู้ป่วย post-RYGB จะเป็นกลุ่มที่มี Vitamin B12 deficiency ได้บ่อย แต่ในกลุ่ม post-SG ก็พบภาวะ vitamin B12 deficiency ได้บ้าง โดยปกติมักพบเจอภาวะ vitamin B12 deficiency ได้ในระยะ Late post op เนื่องจากร่างกายสามารถ storage vitamin B12 ไว้ใช้ได้นานถึง 18 เดือน

Elemental iron

ภาวะขาดเหล็ก เป็นภาวะที่พบเจอได้บ้างในผู้ป่วย post-RYGB และ Post-SG ซึ่งโดยปกติ ปริมาณเหล็กที่ได้รับจาก Multivitamin ค่อนข้างเพียงพอต่อผู้ป่วยกลุ่มผู้ชายและผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน แต่ในผู้หญิงวัยที่มีประจำเดือนแนะนำให้ iron supplement 40-65 mg/day และให้ร่วมกับ Vitamin C จะเพิ่มการดูดซึมได้ดีขึ้น ข้อแนะนำเพิ่มเติมคือไม่ควรรับประทานร่วมกับ calcium หรืออาหารที่มี calcium สูง เนื่องจากจะทำให้การดูดซึมเหล็กลดลง

LONG-TERM DIETS

ในช่วงแรกหลัง Bariatric surgery ผู้ป่วยจะดึงพลังงานจาก adipose tissue มาใช้สำหรับแหล่งพลังงานของร่างกายเป็นหลัก แต่จำเป็นที่จะต้องดูแลการรับประทานอาหารและน้ำดื่ม เพื่อไม่ให้เกิดภาวะ Dehydration ในช่วงระยะถัดมาที่น้ำหนักถึงเป้าหมายที่วางไว้ ผู้ป่วยจึงจะเริ่มรับประทานอาหารที่เป็นแหล่งพลังงาน

ในส่วนของ Macronutrient requirement โดยปกติกลุ่มคนทั่วไป แนะนำว่าร่างกายควรได้รับโปรตีนเพื่อ weight maintenance ในปริมาณ 0.8-1.2 grams/kg หรือคิดเป็นประมาณ 46 gm/day สำหรับผู้หญิง และ 56 gm/day สำหรับผู้ชาย แต่ในช่วงของการลดน้ำหนักของผู้ป่วย (active weight loss phase) หลังผ่าตัดลดความอ้วนนั้น ร่างกายควรได้รับ Protein 1.2 gm/kg ต่อวัน เพื่อป้องกันการสลาย fat free mass โดยเฉพาะกล้ามเนื้อ ในส่วนของพลังงาน แนะนำว่าอาหารที่ให้พลังงานในแต่ละวันนั้น ควรเป็นอาหารจำพวก carbohydrate ร้อยละ 50 ของอาหารที่รับประทานในแต่ละวัน

Roux-en-Y gastric bypass

ในกลุ่มที่รับการผ่าตัด Roux-en-Y gastric bypass นั้น ซึ่งขนาดของกระเพาะอาหารลดลง พร้อมๆไปกับ Gut hormone ที่ลดลงด้วยเช่นกัน จึงทำให้ผู้ป่วยในกลุ่มนี้จะมีความรู้สึกหิวที่ค่อนข้างน้อย หรือแม้หากมีอาการหิวก็จะรับประทานได้เพียงปริมาณไม่มากก็จะรู้สึกอิ่ม ซึ่งหลังจากผ่านพ้นช่วงแรกในการลดน้ำหนัก และเข้าสู่ช่วงที่น้ำหนักเริ่มคงที่ (weight stabilizes) ร่างกายของผู้ป่วยจำเป็นต้องได้รับพลังงานที่เพิ่มขึ้นจากภายนอก ซึ่งจะเป็นช่วงที่ผู้ป่วยจะเริ่มมีความรู้สึกหิวมากขึ้น ซึ่งเป็นช่วงที่ต้องระมัดระวังว่าจะเกิด food intolerances และ food aversions อีกด้วย³³⁻³⁵

Food aversions

เป็นภาวะที่เกิดขึ้นได้ในระยะที่เป็น transitional phase คือเริ่มตั้งแต่หลังผ่าตัดใหม่ๆ ซึ่งจำเป็นต้องรับประทาน อาหารเหลว มาจนถึงช่วงที่เป็นอาหารอ่อน และอาหารปกติ โดยจะรุนแรงในกลุ่มที่อาเจียนบ่อยๆภายหลังการรับประทาน ผู้ป่วยอีกกลุ่มหนึ่งจะมีปัญหาเกี่ยวกับการรับประทานอาหารลักษณะเดิมซึ่งแตกต่างจากก่อนผ่าตัดที่เป็นอาหารที่หลากหลาย ชนิด ซึ่งอาจทำให้ผู้ป่วยถึงขั้นเป็น anxiety และมีความหวาดกลัวเมื่อถึงเวลารับประทานอาหาร ซึ่งการแนะนำตั้งแต่ก่อน ผ่าตัด การเห็นอกเห็นใจและให้กำลังใจแก่ผู้ป่วยหลังผ่าตัด เป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งที่จะช่วยให้ผู้ป่วยผ่านพ้นภาวะ ดังกล่าวไป

หลังผ่านพ้นช่วงเวลา 6 เดือน ผู้ป่วยโดยส่วนใหญ่จะสามารถปรับตัวเข้ากับการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม การ รับประทานอาหารได้ แต่หากยังคงมีอาการอาเจียน จำเป็นที่จะต้อง evaluation เพื่อหาสาเหตุที่อาการดังกล่าวไม่ดีขึ้น ว่าจะ เป็นจาก ulcer หรือ stricture

Food intolerances

ผู้ป่วยกลุ่ม Post-RYGB มักเกิดภาวะ food intolerances ได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารกลุ่มเนื้อแดง ดังนั้นผู้ป่วย มักจะเลือกอาหารจำพวกผักเป็นหลัก ซึ่งทั้งกลุ่มผักและผลไม้ ผู้ป่วยมักจะรับประทานได้ง่ายกว่า

Sleeve gastrectomy

การผ่าตัด Sleeve gastrectomy มีผลต่อ gut hormone signaling เนื่องจากมีการตัดส่วน fundus ของกระเพาะ อาหารออก, เพิ่ม gastric emptying, ทำให้อาหารลงสู่ duodenum และ proximal intestine ในส่วนของการเปลี่ยนแปลง ของ gut hormone คือมีการลดลงของ ghrelin ซึ่งมีผลเกี่ยวกับการหิว เมื่อ ghrelin hormone ลดลงจะมีผลทำให้ความรู้สึก หิวลดลงไป

ข้อแนะนำเกี่ยวกับอาหารในผู้ป่วยหลังการผ่าตัด Sleeve gastrectomy อาจจะมีแตกต่างกับกลุ่มผู้ป่วย หลังการผ่าตัด RYGB ไม่มากนัก ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป ในส่วนของ Food aversions และ Food intolerances พบได้เช่นเดียวกันดังนี้ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

Food aversions

ผู้ป่วยหลังการผ่าตัด SG ในช่วงแรก มักจะมีอาการ acid reflux อันเนื่องมาจากการที่กระเพาะอาหารมีปริมาตร ลดลง พร้อมๆไปกับการบีบรัดได้อาหารที่ลดลงไปด้วยซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากการระบวนการหายของแผลหลังการผ่าตัด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หากผู้ป่วยมีการรับประทานอาหารที่เร็วหรือปริมาณมากเกินไป จะทำให้อาการดังกล่าวเป็นมากขึ้น ซึ่งอาจจะนำมาสู่ Food aversion ในภายหลังได้ ซึ่งโดยส่วนใหญ่ อาการ acid reflux มักจะค่อยๆดีขึ้นในช่วง 6 เดือนหลัง การผ่าตัด

Dumping syndrome

เป็นภาวะที่อาจจะพบได้ในผู้ป่วยหลังการผ่าตัดกระเพาะอาหาร ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ได้แก่ early dumping syndrome และ late dumping syndrome³⁶

Early dumping syndrome เกิดภายในช่วง 1 ชั่วโมงแรกหลังการรับประทานอาหาร ซึ่งอาการแสดงจะแบ่งเป็น Gastrointestinal symptom ได้แก่ ท้องเสีย คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง และท้องอืดแน่นท้อง และ Vasomotor symptoms ได้แก่ ใจสั่น หน้ามืดเป็นลม หน้าแดง ซึ่งเกิดจากการที่อาหารผ่านเข้าสู่ลำไส้เล็กในอัตราเร็วที่มากจนเกินไป และลำไส้เล็กดูดซึมน้ำไม่ทัน อาหารดังกล่าวเป็นลักษณะของ hyperosmolar ทำให้ intravascular volume ถูกดึงเข้ามาใน gastrointestinal lumen เกิดภาวะ hypovolemia จนนำไปสู่การเกิด hypotension รวมถึง baroreceptor reflex tachycardia เกิดขึ้น อีกกลไกคืออาการที่ hyperosmolar content ทำให้เยื่อผนังลำไส้เล็กหลั่ง Gastrointestinal peptide hormone ซึ่งโดยผลสรุปของกลไกที่เกิดขึ้นจะทำให้เกิด hypotension เช่นกัน

Late dumping syndrome เกิดในช่วงประมาณ 1-3 ชม. หลังจากการรับประทานอาหาร ซึ่งเกิดจากการที่อาหารลงมาใน jejunum ในอัตราเร็วกว่าปกติ ทำให้การดูดซึมน้ำเกิดขึ้นมากและรวดเร็ว ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นและร่างกายหลั่ง insulin ออกมาในปริมาณที่มากกว่าปกติ จนทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดลดลงอย่างรวดเร็วจนเกิดภาวะ Hypoglycemia

การรักษา Dumping syndrome เริ่มจาก Dietary modification โดยลดปริมาณอาหารในแต่ละมื้อและเพิ่มจำนวนมื้ออาหารให้มากขึ้น นอกจากนี้ยังต้องหลีกเลี่ยงอาหารที่จะถูกร่างกายดูดซึมน้ำตาลได้อย่างรวดเร็ว เช่น น้ำหวาน อาหารหวาน ซึ่งโดยส่วนมากจะได้ผลดี มีเพียงส่วนน้อยที่จำเป็นต้องให้ยา ซึ่งยาที่เป็นกลุ่ม Somatostatin analog และสุดท้ายเป็นการรักษาโดยเข้าไปผ่าตัดแก้ไขซึ่งมักเป็นทางเลือกสุดท้าย

Fat Maldigestion

พบได้ถึงประมาณร้อยละ 20 ของผู้ป่วยหลังการผ่าตัด Proximal gastrectomy แต่อาจจะมีเพียงร้อยละ 20 ของผู้ป่วยกลุ่มนี้เท่านั้นที่แสดงอาการทางคลินิกอย่างชัดเจน ซึ่งกลไกการเกิดภาวะนี้เกิดจากการเพิ่มขึ้นของ Transit time ทำให้อาหาร digestive enzyme และ Bile salt ไม่สามารถคลุกเคล้ากันได้อย่างมีประสิทธิภาพ และอีกทั้งยังพบว่าหลังการผ่าตัดกระเพาะอาหาร Pancreatic Enzyme มีปริมาณลดลงอีกด้วย ซึ่งอาจจะจำเป็นที่จะต้องให้ Pancreatic enzyme supplementation ดังตารางที่ 3 นอกจากนี้การรับประทานอาหารกลุ่ม low-fat diet และอาหารกลุ่มที่เป็น medium-chain triglycerides (MCT) จะช่วยในการทำให้ภาวะดังกล่าวดีขึ้น

- Take capsules or tablets with meals or snacks. Typical dose is 2-3 capsules with meals and 1–2 capsules with snacks (lipase units vary per brand). Titrate dose as needed based on clinical response such as continued diarrhea or weight loss.
- To protect enteric coating, do not crush or chew the microspheres or microtablets. If swallowing of the capsules is difficult, open and shake contents into a small quantity of soft non-hot food (applesauce, jello) and swallow immediately. Viokase powder may be another alternative to opening capsules.
- Viokase Powder (Axcan Scandipharm) may be used with tube feeding. Administer 1/2 tsp/can tube feeding.

ตารางที่ 3 Guidelines for Pancreatic Enzyme Supplementation

<p>Maintain optimal nutritional status</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determine cause(s) of weight loss through careful diet history • Provide diet education to minimize symptoms of dumping syndrome and lactose intolerance, if present • Daily multivitamin with minerals • Additional calcium and vitamin D supplementation as warranted • Continued nutrition intervention for at-risk patients <p>Treat fat malabsorption</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determine if steatorrhea present (ensure patient consuming ≥ 100 grams fat/day when checking qualitative or quantitative fecal fat) • Consider use of pancreatic enzymes • Use gut-slowing agents if needed • Treat bacterial overgrowth if present • Monitor and supplement fat soluble vitamins as needed • Daily multivitamin with minerals 	<p>Prevent Nutritional Anemias</p> <ul style="list-style-type: none"> • Monitor <ul style="list-style-type: none"> – Vitamin B12 – RBC folate – Ferritin • Supplement as needed (see Tables 3–8) <p>Prevent and treat metabolic bone disease</p> <ul style="list-style-type: none"> • Monitor 25-OHD Vitamin D <ul style="list-style-type: none"> – 1,25-dihydroxyvitamin D is not a good indicator of vitamin D status • Supplement with Calcium and Vitamin D <ul style="list-style-type: none"> – 500 mg calcium TID – 800 IU vitamin D daily • Monitor Bone Mineral Density (DEXA) • Evaluate need for anti-resorptive and bone formation agents <p>Gastric Stasis</p> <ul style="list-style-type: none"> • Treat bezoars (see <i>Practical Gastroenterology (PG)</i> article, January 2004) • Treat bacterial overgrowth (see <i>PG</i> article, July 2003) • Treat gastroparesis (see <i>PG</i> article, March 2003)
---	---

ตารางที่ 4 Summary of Nutrition Management Guidelines Following Gastric Resection

NUTRIENT DEFICIENCIES

ภาวะ micronutrient deficiency ในกลุ่มผู้ป่วยโรคอ้วน พบได้บ่อยๆ ตั้งแต่ก่อนผ่าตัด ซึ่งผู้ป่วยกลุ่มนี้ก็มักจะมีปัญหาต่อเนื่องมาจนกระทั่งหลังผ่าตัดด้วยเช่นกัน ซึ่งโดยส่วนใหญ่ การผ่าตัดในกลุ่ม Malabsorptive และ Combination procedure ซึ่งสาเหตุหลักเกิดจากการที่อาหารไม่ผ่าน stomach, duodenum, proximal jejunum ซึ่งจะทำให้การดูดซึม fat-soluble vitamin, water-soluble vitamin รวมทั้ง เหล็กและแคลเซียมลดลงไปด้วย

Fat-soluble vitamins

ประกอบด้วย vitamin A,D,E,K ซึ่ง jejunum และ ileum เป็นตำแหน่งที่มีการดูดซึมวิตามินเหล่านี้ ดังนั้นกลุ่มผู้ป่วยที่มีโอกาสขาดวิตามินดังกล่าวจึงเป็นกลุ่มผู้ป่วยหลังผ่าตัด RYGB³⁷ และ BPD-DS³⁸⁻⁴¹ โรคอันสัมพันธ์กับ vitamin D deficiency และ secondary hyperparathyroidism ซึ่งอาการแสดงของภาวะขาด fat-soluble vitamin ดังตารางที่ 5

Water-soluble vitamin

Vitamin B1 (Thiamine)

การดูดซึมหลักจะเกิดขึ้นบริเวณ duodenum และ proximal jejunum ซึ่ง RYGB และ BPD-DS รวมถึง Billroth II operation จะมีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดภาวะดังกล่าว เนื่องจากเป็นการผ่าตัดที่ bypass duodenum และ proximal jejunum ซึ่งจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาประมาณ 3 สัปดาห์หลังการผ่าตัด ซึ่งอาการแสดงสำคัญคือ ผู้ป่วยจะมีอาการอาเจียนในส่วนของกลุ่มผู้ป่วยที่มีการขาด thiamine แต่ไม่แสดงอาการ เจอได้ประมาณ 0-29%⁴²

อาการแสดงอื่นๆ ที่เจอได้บ่อยคือ Wernicke encephalopathy ซึ่งจะแสดงออกในรูปแบบ encephalopathy, oculomotor dysfunction และ gait ataxia ได้

Vitamin B12

เจอได้บ่อยถึง 1 ใน 3 ของผู้ป่วยหลังการผ่าตัด RYGB แม้ว่าอาหารจะยังคงผ่านบริเวณ ileum ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีการดูดซึม vitamin B12 เป็นหลัก แต่เกิดขึ้นเพราะการที่ปริมาณ gastric acid ที่ไม่เพียงพอ ทำให้ไม่สามารถเริ่มกระบวนการย่อยอาหารเพื่อให้ได้มาซึ่ง vitamin B12 นั้นน้อยลง จึงทำให้เกิดการขาด vitamin B12 เกิดขึ้น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบผู้ป่วยหลังการผ่าตัด RYGB มีภาวะ Vitamin B12 deficiency ถึงร้อยละ 42 เปรียบเทียบกับผู้ป่วยหลังผ่าตัด SG ที่มีภาวะดังกล่าวเพียงร้อยละ 5⁴³

โดยปกติ ร่างกายสามารถเก็บ Vitamin B12 ไว้ใช้ได้นาน 12-18 เดือน ภาวะขาด Vitamin B12 ทำให้เกิด Megaloblastic anemia ซึ่งจำเป็นที่จะต้องได้รับ Vitamin B12 supplement ดังแสดงในตาราง นอกจากนี้การขาด vitamin B12 เป็นเวลานานยังทำให้เกิดภาวะ peripheral neuropathy ซึ่งเป็นภาวะที่ไม่สามารถรักษาให้หายขาดได้ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดภาวะดังกล่าวเกิดขึ้น

Folate

ภาวะการขาด folate ทำให้เกิดภาวะ Megaloblastic anemia ได้เช่นเดียวกับการขาด Vitamin B12 แต่การขาด Folate มักพบร่วมกับการขาด Vitamin B12 อันเนื่องมาจาก Vitamin B12 จะเป็นตัวช่วยในการ conversion folate ให้เป็น active form การขาด folate โดยไม่ได้มีภาวะขาด Vitamin B12 ร่วมด้วยนั้นพบได้น้อย เนื่องจากการดูดซึม folate เกิดขึ้นได้ทุกส่วนของลำไส้เล็ก หากมีภาวะขาด folate สาเหตุมักมาจากการรับประทานที่ไม่เพียงพอมากกว่าจะเป็นเรื่องของการดูดซึมที่ผิดปกติไป

Vitamin C

มีอีกชื่อว่า Ascorbic acid ซึ่งการขาด Vitamin C จะทำให้เกิดภาวะเลือดออกตามไรฟัน ภาวะนี้ค่อนข้าง

น้อย แต่มีความสำคัญคือ Vitamin C ช่วยในกระบวนการดูดซึม iron อีกด้วย จึงอาจพิจารณาให้แก่ผู้ป่วยในกลุ่มที่มีภาวะซีดและไม่ดีขึ้นภายหลังจากการให้ iron supplement

Iron

ถือเป็นภาวะที่พบบ่อยมากที่สุดภาวะหนึ่งในผู้ป่วยหลังการผ่าตัดกระเพาะอาหาร ซึ่งนำไปสู่การเกิดภาวะ hypochromic-microcytic anemia ซึ่งการดูดซึม iron เกิดขึ้นที่บริเวณ duodenum และ proximal jejunum เพราะฉะนั้น กลุ่มผู้ป่วยหลังการผ่าตัด RYGB และ BPD-DS จะมีภาวะนี้ได้บ่อย จึงจำเป็นที่จะต้องได้รับ iron supplement

Zinc

ร่างกายดูดซึม Zinc ที่บริเวณ duodenum และ proximal jejunum ภาวะการขาด zinc ทำให้เกิดภาวะ growth retardation, delayed sexual maturity และทำให้เกิดภาวะ immune function ที่ผิดปกติไป โดยจากการศึกษาพบภาวะ zinc deficiency ได้ร้อยละ 6-40 หลังการผ่าตัด RYGB, BPD และ BPD-DS^{4, 5, 43, 44}

Copper

ร่างกายดูดซึม copper ที่บริเวณ stomach และ proximal duodenum ซึ่ง copper มีส่วนสำคัญในกระบวนการสร้างเม็ดเลือดแดงและเม็ดเลือดขาวของร่างกาย รวมทั้งมีส่วนช่วยให้การทำงานของระบบประสาทของร่างกายเป็นไปอย่างปกติ การขาด copper จึงทำให้เกิด microcytic anemia, neutropenia และ ataxia กลุ่มผู้ป่วยหลังการผ่าตัด RYGB, BPD-DS รวมถึง Billroth II จะพบภาวะนี้ได้ประมาณร้อยละ 10^{45, 46}

Calcium

การดูดซึมแคลเซียมเกิดขึ้นมากที่สุดบริเวณ duodenum และ proximal jejunum เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่มี calcium transporter มากที่สุด แคลเซียมจะถูกดูดซึมได้ดีในสิ่งแวดล้อมที่เป็นกรด ดังนั้นการผ่าตัดกระเพาะอาหาร รวมถึงการผ่าตัดโรคอ้วนแทบทุกชนิดส่งผลให้เกิดความเสี่ยงให้เกิดภาวะขาดแคลเซียมของร่างกายเกิดขึ้นเนื่องจากปริมาณการหลั่งกรดที่ลดน้อยลง ทำให้การดูดซึมแคลเซียมผิดปกติไป นอกเหนือจากสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการดูดซึมแคลเซียมแล้ว Vitamin D เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการดูดซึมของแคลเซียม ดังนั้นการให้ vitamin D supplement ควบคู่กันและ และการตรวจระดับ vitamin D ร่วมด้วยจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องทำควบคู่กันไป

Protien

กระบวนการย่อยโปรตีนอาจจะไม่ได้ผิดปกติไปภายหลังการผ่าตัดกระเพาะอาหารและการผ่าตัดโรคอ้วน แต่ปัจจัยที่จะทำให้เกิดภาวะการขาดโปรตีน เกิดจากการดูดซึมที่ผิดปกติไป จากการศึกษพบว่า ภายหลังการผ่าตัดโรคอ้วน การดูดซึมโปรตีนจะลดลงไปประมาณ ร้อยละ 27 ของร่างกายปกติ^{47, 48} จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ร่างกายจะต้องได้รับ Protien intake 1.5-2.0 gm/kg ideal body weight/day

ตารางที่ 5 Clinical symptoms of water-soluble vitamins deficiencies

Vitamin	Function	Deficiency syndrome
---------	----------	---------------------

Vitamin B1 (thiamine)	Thiamine pyrophosphate	Beriberi - congestive heart failure (wet beriberi), aphonia, peripheral neuropathy, Wernicke encephalopathy (nystagmus, ophthalmoplegia, ataxia), confusion, or coma
Vitamin B2 (riboflavin)	Flavine adenine dinucleotide	Nonspecific symptoms including edema of mucus membranes, angular stomatitis, glossitis, and seborrheic dermatitis (eg, nose, scrotum)
Niacin (nicotinic acid)	Nicotinamide adenine dinucleotide	Pellagra - dermatitis on areas exposed to sunlight; diarrhea with vomiting, dysphagia, mouth inflammation (glossitis, angular stomatitis, cheilitis); headache, dementia, peripheral neuropathy, loss of memory, psychosis, delirium, catatonia
Vitamin B6 (pyroxidine, pyridoxal)	Transaminase cofactor	Anemia, weakness, insomnia, difficulty walking, nasolabial seborrheic dermatitis, cheilosis, stomatitis
Vitamin B12 (cobalamin)	One carbon transfer	Megaloblastic anemia (pernicious anemia). Peripheral neuropathy, with impaired proprioception, and slowed mentation.
Folate	One carbon transfer	Megaloblastic anemia
Biotin	Pyruvate carboxylase cofactor	Nonspecific symptoms including altered mental status, myalgia, dysesthesias, anorexia, maculosquamous dermatitis
Pantothenate	Coenzyme A	Nonspecific symptoms including paresthesias, dysesthesias ("burning feet"), anemia, gastrointestinal symptoms
Vitamin C (ascorbate)	Antioxidant, collagen synthesis	Scurvy - fatigue, petechiae, ecchymoses, bleeding gums, depression, dry skin, impaired wound healing

ตารางที่ 6 Clinical symptoms of fat-soluble vitamins deficiencies

Vitamin	Function	Deficiency syndrome
Vitamin A (retinol, retinal, retinoic acid)	Vision, epithelial differentiation	Night blindness, xerophthalmia, keratomalacia, Bitot's spot, follicular hyperkeratosis

Vitamin D (cholecalciferol, ergocalciferol)	Prohormone for calcium regulation	Rickets, osteomalacia, craniotabes, rachitic rosary
Vitamin E (tocopherols)	Antioxidant	Sensory and motor neuropathy, ataxia, retinal degeneration, hemolytic anemia
Vitamin K (phylloquinone, menaquinone, menadione)	Clotting factors, bone proteins	Hemorrhagic disease

ตารางที่ 7 Supplementation after Roux-en-Y gastric bypass and gastric sleeve procedures

Supplement	Dosage	Representative preparation	Monitoring	Comment
Multivitamin with minerals and iron, one or two per day, each chewable tablet (or liquid equivalent) minimally containing				
Vitamin A	500 mcg (1600 units)	Multivitamins with minerals (including iron): Representative trade names (US) include: Centrum® (NOT Centrum Silver® as mineral content is too low), Centrum Performance®, One- A-Day Maximum®, Equate Complete Multivitamin for Adults		
Vitamin B1 (thiamine)	1.2 mg		Thiamine (optional) Erythrocyte transketolase activity (optional)	Thiamine deficiency has been associated with intractable vomiting following bariatric surgery and Wernicke encephalopathy has been reported.
Vitamin E	10 mg			
Vitamin K	Male: 120 mcg; Female 90 mcg		Prothrombin Time/INR (optional as a measure of vitamin K status)	
Iron	10 mg elemental		TIBC, ferritin, transferrin, CBC	

Folic acid	400 mcg		RBC folate (optional)	
Biotin	30 mcg			
Selenium	55 mcg			
Zinc	Male: 11 mg; Female: 8 mg			Zinc deficiency may be associated with chronic diarrhea
Copper	2 mg		Serum copper	
Calcium and vitamin D				
Calcium citrate Calcium carbonate	1200 to 1500 mg (elemental calcium) per day preferably in two equally divided doses	Elemental calcium content: Tablets, capsules: 180, 200, 250 mg Effervescent tablet: 500 mg Oral suspension: 760 mg per 5 mL	25-Hydroxyvitamin D Intact PTH (optional)	Calcium citrate preparations may be better absorbed than calcium carbonate under conditions of reduced gastric acidity but require consumption of more tablets. Do not take within two hours of iron supplement.
Vitamin D3 (cholecalciferol)	800 units per day	Tablets, capsules: 400, 1000, 2000 units Chewable tablet: 400 units Oral drops: 400 units per drop		
Iron and ascorbic acid				
Ferrous fumarate Ferrous gluconate Ferrous sulfate	40 to 65 mg (elemental iron) per day for premenopausal women 18 to 27 mg (elemental iron)	Combination (eg, Vitron-C®) ferrous fumarate (65 mg elemental) with ascorbic acid (125 mg); ferrous sulfate oral liquid: 44 or 60	Iron studies, ferritin, CBC	Iron supplementation is based on monitoring. Iron is contained in the multivitamin-mineral tablet and additional supplementation is

	per day for others May be included in multivitamin	mg elemental per 5 mL; ascorbic acid liquid: 100 mg/mL		not recommended unless the patient has documented iron deficiency. If additional supplementation indicated, 100 to 150 mg ascorbic acid enhances iron absorption under conditions of reduced gastric acidity. Do not take within two hours of calcium supplement
Vitamin B12 (cyanocobalamin)				
Oral tablet	500 to 1000 mcg per day	Tablet: 250, 500, 1000 mcg	CBC, Vitamin B12 (methylmalonic acid, homocysteine optional)	B12 deficiency is a frequent complication within one year of RYGB surgery in absence of adequate supplementation
Sublingual or buccal tablet	500 to 1000 mcg per day	Sublingual tablet or lozenge 500 mcg		
Sublingual spray	400 mcg per day	200 mcg per spray		
Intranasal spray	500 mcg once per week	500 mcg per 0.1 mL intranasal spray		
Intramuscular injection	1000 mcg IM once per month or 3000 mcg IM once every six months	1000 mcg per mL injection		

ข้อแนะนำและข้อสรุป

- การดูแลเรื่องอาหารภายหลังการผ่าตัด bariatric surgery ใช้หลัก staged approach
- หลังการผ่าตัดในช่วงแรก การดูแลภาวะไม่ให้ร่างกายขาดน้ำ (adequate hydration) ถือเป็นสิ่งสำคัญที่สุด หลังจากนั้นในระยะของการลดน้ำหนักลงมาถึงเป้าหมายและคงที่แล้ว การดูแลเรื่องอาหารที่ให้พลังงานที่

เพียงพอ รวมถึงสารอาหารต่างๆ ที่จำเป็นต่อร่างกายให้เป็นไปตามความต้องการของร่างกายเพื่อไม่ให้เกิดผลแทรกซ้อนจากการทุพโภชนาการ

- Vitamin B12 deficiency เป็นภาวะที่เจอได้บ่อยภายหลังการผ่าตัด RYGH ซึ่งอาจพบได้ถึง 1 ใน 3 ของผู้ป่วย จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการป้องกันไม่ให้เกิดภาวะดังกล่าวเกิดขึ้น
- Iron deficiency เป็นภาวะที่พบเจอได้บ่อยที่สุดหลังการผ่าตัดกระเพาะอาหารและการผ่าตัดโรคอ้วนทุกชนิด ซึ่งทำให้เกิดภาวะ hypochromic-microcytic anemia
- การตรวจเพื่อติดตามภาวะโภชนาการเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องทำหลังการผ่าตัด 3 เดือน, 6 เดือน และทุก 1 ปีหลังการผ่าตัดเพื่อประเมินภาวะทุพโภชนาการที่อาจจะเกิดขึ้นได้ complete blood count, electrolytes, glucose, iron studies, ferritin, vitamin B12, aminotransferases, alkaline phosphatase, bilirubin, albumin, lipid profile, 25-hydroxyvitamin D, parathyroid hormone (PTH), thiamine และ folate

Reference

- 1.Mechanick JI, Kushner RF, Sugerman HJ, Gonzalez-Campoy JM, Collazo-Clavell ML, Guven S, et al. American Association of Clinical Endocrinologists, The Obesity Society, and American Society for Metabolic & Bariatric Surgery Medical Guidelines for Clinical Practice for the perioperative nutritional, metabolic, and nonsurgical support of the bariatric surgery patient. *Surgery for obesity and related diseases : official journal of the American Society for Bariatric Surgery*. 2008;4:S109-84.
- 2.Bosnic G. Nutritional requirements after bariatric surgery. *Critical care nursing clinics of North America*. 2014;26:255-62.
- 3.Tucker ON, Szomstein S, Rosenthal RJ. Nutritional consequences of weight-loss surgery. *The Medical clinics of North America*. 2007;91:499-514, xii.
- 4.Gong K, Gagner M, Pomp A, Almahmeed T, Bardaro SJ. Micronutrient deficiencies after laparoscopic gastric bypass: recommendations. *Obesity surgery*. 2008;18:1062-6.
- 5.Dalcanale L, Oliveira CP, Faintuch J, Nogueira MA, Rondo P, Lima VM, et al. Long-term nutritional outcome after gastric bypass. *Obesity surgery*. 2010;20:181-7.
- 6.Adami GF, Meneghelli A, Scopinaro N. Night eating and binge eating disorder in obese patients. *The International journal of eating disorders*. 1999;25:335-8.
- 7.Topart P, Becouarn G, Salle A, Ritz P. Biliopancreatic diversion requires multiple vitamin and micronutrient adjustments within 2 years of surgery. *Surgery for obesity and related diseases : official journal of the American Society for Bariatric Surgery*. 2014;10:936-41.
- 8.van Rutte PW, Aarts EO, Smulders JF, Nienhuijs SW. Nutrient deficiencies before and after sleeve gastrectomy. *Obesity surgery*. 2014;24:1639-46.
- 9.Nozaki I, Hato S, Kobatake T, Ohta K, Kubo Y, Kurita A. Long-term outcome after proximal gastrectomy with jejunal interposition for gastric cancer compared with total gastrectomy. *World journal of surgery*. 2013;37:558-64.
- 10.Ichikawa D, Komatsu S, Kubota T, Okamoto K, Shiozaki A, Fujiwara H, et al. Long-term outcomes of patients who underwent limited proximal gastrectomy. *Gastric cancer : official journal of the International Gastric Cancer Association and the Japanese Gastric Cancer Association*. 2014;17:141-5.
- 11.Hinoshita E, Takahashi I, Onohara T, Nishizaki T, Matsusaka T, Wakasugi K, et al. The nutritional advantages of proximal gastrectomy for early gastric cancer. *Hepato-gastroenterology*. 2001;48:1513-6.
- 12.Kondoh Y, Okamoto Y, Morita M, Nabeshima K, Nakamura K, Soeda J, et al. Clinical outcome of proximal gastrectomy in patients with early gastric cancer in the upper third of the stomach. *The Tokai journal of experimental and clinical medicine*. 2007;32:48-53.
- 13.Yoo CH, Sohn BH, Han WK, Pae WK. Proximal gastrectomy reconstructed by jejunal pouch interposition for upper third gastric cancer: prospective randomized study. *World journal of surgery*. 2005;29:1592-9.
- 14.Takiguchi N, Takahashi M, Ikeda M, Inagawa S, Ueda S, Nobuoka T, et al. Long-term quality-of-life comparison of total gastrectomy and proximal gastrectomy by postgastrectomy syndrome assessment scale

- (PGSAS-45): a nationwide multi-institutional study. *Gastric cancer : official journal of the International Gastric Cancer Association and the Japanese Gastric Cancer Association*. 2015;18:407-16.
- 15.Nomura E, Lee SW, Tokuhara T, Kawai M, Uchiyama K. Functional outcomes according to the size of the gastric remnant and type of reconstruction following open and laparoscopic proximal gastrectomy for gastric cancer. *Hepato-gastroenterology*. 2012;59:1677-81.
- 16.Wen L, Chen XZ, Wu B, Chen XL, Wang L, Yang K, et al. Total vs. proximal gastrectomy for proximal gastric cancer: a systematic review and meta-analysis. *Hepato-gastroenterology*. 2012;59:633-40.
- 17.Wandling M, Behrens J, Hsia R, Crandall M. Geographic disparities in access to urban trauma care: defining the problem and identifying a solution for gunshot wound victims in Chicago. *American journal of surgery*. 2016;212:587-91.
- 18.Zhao P, Xiao SM, Tang LC, Ding Z, Zhou X, Chen XD. Proximal gastrectomy with jejunal interposition and TGRY anastomosis for proximal gastric cancer. *World journal of gastroenterology*. 2014;20:8268-73.
- 19.Nozaki I, Hato S, Kobatake T, Ohta K, Kubo Y, Kurita A. Long-term outcome after proximal gastrectomy with jejunal interposition for gastric cancer compared with total gastrectomy. *World journal of surgery*. 2013;37:558-64.
- 20.Ichikawa D, Komatsu S, Kubota T, Okamoto K, Shiozaki A, Fujiwara H, et al. Long-term outcomes of patients who underwent limited proximal gastrectomy. *Gastric cancer : official journal of the International Gastric Cancer Association and the Japanese Gastric Cancer Association*. 2014;17:141-5.
- 21.Kim EM, Jeong HY, Lee ES, Moon HS, Sung JK, Kim SH, et al. [Comparison between proximal gastrectomy and total gastrectomy in early gastric cancer]. *The Korean journal of gastroenterology = Taehan Sohwagi Hakhoe chi*. 2009;54:212-9.
- 22.Yoo CH, Sohn BH, Han WK, Pae WK. Proximal gastrectomy reconstructed by jejunal pouch interposition for upper third gastric cancer: prospective randomized study. *World journal of surgery*. 2005;29:1592-9.
- 23.Kosuga T, Ichikawa D, Komatsu S, Okamoto K, Konishi H, Shiozaki A, et al. Feasibility and Nutritional Benefits of Laparoscopic Proximal Gastrectomy for Early Gastric Cancer in the Upper Stomach. *Annals of surgical oncology*. 2015;22 Suppl 3:S929-35.
- 24.Japanese gastric cancer treatment guidelines 2010 (ver. 3). *Gastric cancer : official journal of the International Gastric Cancer Association and the Japanese Gastric Cancer Association*. 2011;14:113-23.
- 25.Mechanick JI, Youdim A, Jones DB, Timothy Garvey W, Hurley DL, Molly McMahon M, 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. *Surgery for obesity and related diseases : official journal of the American Society for Bariatric Surgery*. 2013;9:159-91.

26. Grant JP, Chapman G, Russell MK. Malabsorption associated with surgical procedures and its treatment. *Nutrition in clinical practice : official publication of the American Society for Parenteral and Enteral Nutrition.* 1996;11:43-52.
27. Ryan AM, Healy LA, Power DG, Rowley SP, Reynolds JV. Short-term nutritional implications of total gastrectomy for malignancy, and the impact of parenteral nutritional support. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland).* 2007;26:718-27.
28. Bae JM, Park JW, Yang HK, Kim JP. Nutritional status of gastric cancer patients after total gastrectomy. *World journal of surgery.* 1998;22:254-60; discussion 60-1.
29. Liedman B, Svedlund J, Sullivan M, Larsson L, Lundell L. Symptom control may improve food intake, body composition, and aspects of quality of life after gastrectomy in cancer patients. *Digestive diseases and sciences.* 2001;46:2673-80.
30. Tovey FI, Godfrey JE, Lewin MR. A gastrectomy population: 25-30 years on. *Postgraduate medical journal.* 1990;66:450-6.
31. Harju E. Metabolic problems after gastric surgery. *International surgery.* 1990;75:27-35.
32. Aills L, Blankenship J, Buffington C, Furtado M, Parrott J. ASMBS Allied Health Nutritional Guidelines for the Surgical Weight Loss Patient. *Surgery for obesity and related diseases : official journal of the American Society for Bariatric Surgery.* 2008;4:S73-108.
33. Ortega J, Ortega-Evangelio G, Cassinello N, Sebastia V. What are obese patients able to eat after Roux-en-Y gastric bypass? *Obesity facts.* 2012;5:339-48.
34. Schweiger C, Weiss R, Keidar A. Effect of different bariatric operations on food tolerance and quality of eating. *Obesity surgery.* 2010;20:1393-9.
35. Nelson WK, Fatima J, Houghton SG, Thompson GB, Kendrick ML, Mai JL, et al. The malabsorptive very, very long limb Roux-en-Y gastric bypass for super obesity: results in 257 patients. *Surgery.* 2006;140:517-22, discussion 22-3.
36. Ukleja A. Dumping syndrome: pathophysiology and treatment. *Nutrition in clinical practice : official publication of the American Society for Parenteral and Enteral Nutrition.* 2005;20:517-25.
37. Ledoux S, Msika S, Moussa F, Larger E, Boudou P, Salomon L, et al. Comparison of nutritional consequences of conventional therapy of obesity, adjustable gastric banding, and gastric bypass. *Obesity surgery.* 2006;16:1041-9.
38. Schweitzer DH, Posthuma EF. Prevention of vitamin and mineral deficiencies after bariatric surgery: evidence and algorithms. *Obesity surgery.* 2008;18:1485-8.
39. Aasheim ET, Bjorkman S, Sovik TT, Engstrom M, Hanvold SE, Mala T, et al. Vitamin status after bariatric surgery: a randomized study of gastric bypass and duodenal switch. *The American journal of clinical nutrition.* 2009;90:15-22.

40. Slater GH, Ren CJ, Siegel N, Williams T, Barr D, Wolfe B, et al. Serum fat-soluble vitamin deficiency and abnormal calcium metabolism after malabsorptive bariatric surgery. *Journal of gastrointestinal surgery : official journal of the Society for Surgery of the Alimentary Tract*. 2004;8:48-55; discussion 4-5.
41. Pereira S, Saboya C, Chaves G, Ramalho A. Class III obesity and its relationship with the nutritional status of vitamin A in pre- and postoperative gastric bypass. *Obesity surgery*. 2009;19:738-44.
42. Saltzman E, Karl JP. Nutrient deficiencies after gastric bypass surgery. *Annual review of nutrition*. 2013;33:183-203.
43. Balsa JA, Botella-Carretero JI, Gomez-Martin JM, Peromingo R, Arrieta F, Santiuste C, et al. Copper and zinc serum levels after derivative bariatric surgery: differences between Roux-en-Y Gastric bypass and biliopancreatic diversion. *Obesity surgery*. 2011;21:744-50.
44. Gehrler S, Kern B, Peters T, Christoffel-Courtin C, Peterli R. Fewer nutrient deficiencies after laparoscopic sleeve gastrectomy (LSG) than after laparoscopic Roux-Y-gastric bypass (LRYGB)-a prospective study. *Obesity surgery*. 2010;20:447-53.
45. Griffith DP, Liff DA, Ziegler TR, Esper GJ, Winton EF. Acquired copper deficiency: a potentially serious and preventable complication following gastric bypass surgery. *Obesity (Silver Spring, Md)*. 2009;17:827-31.
46. Gletsu-Miller N, Broderius M, Frediani JK, Zhao VM, Griffith DP, Davis SS, Jr., et al. Incidence and prevalence of copper deficiency following roux-en-y gastric bypass surgery. *International journal of obesity (2005)*. 2012;36:328-35.
47. Scopinaro N, Gianetta E, Adami GF, Friedman D, Traverso E, Marinari GM, et al. Biliopancreatic diversion for obesity at eighteen years. *Surgery*. 1996;119:261-8.
48. Bojsen-Moller KN, Jacobsen SH, Dirksen C, Jorgensen NB, Reitelseder S, Jensen JE, et al. Accelerated protein digestion and amino acid absorption after Roux-en-Y gastric bypass. *The American journal of clinical nutrition*. 2015;102:600-7.