

ტიპი 2 შაქრიანი დიაბეტის რემისიის მექანიზმები ბარიატრიული და მეტაბოლური ოპერაციების შემდგომ

¹თამარ შერვაშიძე, ¹რუსუდან კვანჭახაძე, ²დავით აბულაძე, ¹ლია ჯაში

¹საქართველოს დავით აღმაშენებლის სახელობის უნივერსიტეტი,

²დავით აბულაძის ქართულ-იტალიური კლინიკა,

DOI: <https://doi.org/10.52340/spectri.2024.09.01.22>

აბსტრაქტი

სიმსუქნე და შაქრიანი დიაბეტი ორი ერთმანეთთან მჭიდროდ დაკავშირებული დარღვევაა, რომლებიც ზრდიან ავადობის და სიკვდილიანობის სიხშირეს. დადგენილია პირდაპირი კავშირი წონის დაკლებასა და ისეთ მეტაბოლური დარღვევების გაუმჯობესებას შორის, როგორცაა ჰიპერტენზია, შაქრიანი დიაბეტი. ლიპიდური ცვლა, ძილის აპნოე და თანმხლები დაავადებები- ღვიძლის არაალკოჰოლური ცხიმოვანი დაავადება, პოლიკისტოზური საკვერცხეების სინდრომი, უნაყოფობა. ბარიატრიული ქირურგია არის სიმსუქნის ყველაზე ეფექტური მკურნალობა. დიაბეტის რემისია გამოწვეულია β-უჯრედების ფუნქციის გაუმჯობესებით, ინსულინისადმი მგრძობელობის მატებით და ცვლილებებით ნაწლავებსა და ცხიმოვან ქსოვილში. ინტენსიურ სამედიცინო მკურნალობას და ცხოვრების სტილის ინტერვენციასთან შედარებით, მეტაბოლურმა ქირურგიამ აჩვენა უპირატესობა გლიკემიის გაუმჯობესებაში, მედიკამენტების რაოდენობის და გულ-სისხლძარღვთა რისკ-ფაქტორების შემცირებაში, რაც ნიშნავს გრძელვადიან სარგებელს გულ-სისხლძარღვთა ავადობაზე და სიკვდილიანობაზე.

საკვანძო სიტყვები: შაქრიანი დიაბეტი, ბარიატრიული ქირურგია, გასტრომუნტირება, სიმსუქნე, კუჭის „სახელოსებრი“ რეზექცია.

Mechanisms of Type 2 Diabetes Remission After Bariatric and Metabolic Surgery

¹Tamar Shervashidze, ¹Rusudan Kvanchakhadze, ²Davit Abuladze, ¹Lia Jashi

¹Davit Agmashenebeli University of Georgia,

²Davit Abuladze Georgian-Italian Clinic

Abstract

Obesity and diabetes mellitus are two closely related disorders that increase the incidence of morbidity and mortality. A direct relationship has been established between weight loss and improvement of metabolic disorders such as hypertension, diabetes mellitus, lipid metabolism, sleep apnea, and comorbidities - nonalcoholic fatty liver disease. polycystic ovary syndrome, infertility. Bariatric surgery is the most effective treatment for obesity. Remission of diabetes results from improved β -cell function, increased insulin sensitivity, and changes in the gut and adipose tissue. Compared to intensive medical treatment and lifestyle intervention, metabolic surgery has shown superiority in improving glycemia, reducing medications, and reducing cardiovascular risk factors, implying long-term benefits. on cardiovascular morbidity and mortality.

Keywords: Type 2 diabetes, Bariatric surgery; Gastric bypass; Obesity; Sleeve gastrectomy.

სიმსუქნის გავრცელებამ ეპიდემიის მასშტაბებს მიაღწია . სიმსუქნე და ჭარბი წონა ითვლება ჯანმრთელობის მნიშვნელოვან პრობლემად და იქცა გლობალურ გამოწვევად, მათი მაღალი გავრცელების გამო თითქმის ყველა ქვეყანაში. სხვა მიზეზებისაგან განსხვავებით, როგორცა თამბაქოს მოწვევა და ბავშვთა მალნუტრიცია, სიმსუქნის მაჩვენებელი მსოფლიოში არ მცირდება , იზრდება [1].

სიმსუქნე და შაქრიანი დიაბეტი ორი ერთმანეთთან მჭიდროდ დაკავშირებული დარღვევაა, რომლებიც ზრდიან ავადობის და სიკვდილიანობის სიხშირეს. პაციენტთა მხოლოდ მცირე ნაწილი ახერხებს ცხოვრების სტილის მოდიფიკაციით სხეულის მასის ნორმალიზებას , შაქრიანი დიაბეტის კომპენსაციას და მათ შენარჩუნებას ხანგრძლივად[2].

სიმსუქნის მკურნალობის ქირურგიულ პროცედურებს - ხშირად უწოდებენ ბარიატრიულ ქირურგიას, წონის დაკლების ოპერაციას, მეტაბოლურ ქირურგიას ან მეტაბოლურ/ბარიატრიულ ქირურგიას

ნახშირწყლოვანი ცვლის გაუმჯობესების გათვალისწინებით, ეს პროცედურები შემოთავაზებულია, როგორც ტიპი 2 დიაბეტის სამკურნალოდ, თუნდაც მძიმე ხარისხის სიმსუქნის არარსებობის შემთხვევაში და ამიტომაც მოიხსენიება, როგორც "მეტაბოლური ქირურგია"[3].

ბარიატრიული ქირურგია არის სიმსუქნის ყველაზე ეფექტური მკურნალობა. ის ასევე მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს გლიკემიურ კონტროლს, ხშირად ოპერაციიდან რამდენიმე დღეში, წონის დაკლებისგან დამოუკიდებლად.

მორბიდული სიმსუქნის მკურნალობად განიხილება ბარიატრიული ქირურგია, რომელსაც თან ახლავს წონაში კლების უფრო მაღალი მაჩვენებელი და უფრო ხანგრძლივი რემისია(1 დან 5 წლამდე) არტერიული ჰიპერტენზიის, ტიპი 2 შაქრიანი დიაბეტის და დისლიპიდემიის[4,5] - ცხოვრების სტილის მოდიფიკაციასთან შედარებით, სადაც 5-8% ით მცირდება სხეულის წონა და კარდიოვასკულური რისკ-ფაქტორები[6].

ჯერ კიდევ 1930-იანი წლებიდან არის მონაცემები, რომ პეპტიური წყლულოვანი დაავადების გამო ქირურგიული მკურნალობის შემდეგ საკვების გადაადგილების მიმართულების შეცვლას თან ახლდა ცვლილებები ნახშირწყლოვანი ცვლის გაუმჯობესების მხრივ [7].

1942 წელს ევენსენმა აღწერა ალიმენტური ჰიპოგლიკემია, რომელიც დაფიქსირდა პეპტიური წყლულოვანი დაავადების გამო ოპერაციიდან რამდენიმე წლის შემდეგ . მან ეს შემთხვევა ახსნა ინსულინის მიმართ მგრძობელობის მატებით[8].

ბარიატრიული ქირურგია , ცნობილია როგორც მეტაბოლური ქირურგია 1950 წლიდან. მას შემდეგ წლების განმავლობაში, მნიშვნელოვანი ცვლილებები მოხდა BS-ის ტიპებში. მნიშვნელოვანი ცვლილებები დაკავშირებული იყო ოპერაციის ტექნიკასთან.

ხანგრძლივი დაკვირვების გამოვლინდა რომ, ბარიატრიული ქირურგია მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს თანმხლებ დაავადებებს, ასევე ამცირებს საერთო სიკვდილიანობას 25%-50%-ით [8].

ამერიკის დიაბეტის ასოციაციის რეკომენდაციით (ADA) ბარიატრიული ქირურგია რეკომენდირებულია

- ტიპი 2 შაქრიანი დიაბეტის მქონე პაციენტების სამკურნალოდ, რომელთა სმი> 40კგ/მ² .
- ტიპი 2 შაქრიანი დიაბეტის მქონე პაციენტებისთვის სმი-35.0–39.9 კგ/მ², სადაც ვერ ხერხდება დაკლებული წონის მყარად შენარჩუნება და ნახშირწყლოვანი ცვლის რეგულაცია ფარმაკოლოგიური საშუალებებით.

ამერიკის მეტაბოლურ და ბარიატრიულ ქირურგთა ასოციაციის(ASMBS) რეკომენდაციით[9].

- მეტაბოლური და ბარიატრიული ქირურგია (MBS) რეკომენდებულია სხეულის მასის ინდექსით (BMI) ≥ 35 კგ/მ², მიუხედავად თანმხლები დაავადებების არსებობისა, არარსებობისა ან სიმძიმისა
- MBS გასათვალისწინებელია მეტაბოლური დაავადების მქონე პირებისთვის და BMI 30-34,9 კგ/მ²
- MBS-ის შორეული შედეგები მუდმივად აჩვენებს უსაფრთხოებას და ეფექტურობას.

დიაბეტის რემისიის კრიტერიუმად ამერიკის დიაბეტის ასოციაციის 2009 წლის კონსესუსით

- შაქრიანი დიაბეტის ნაწილობრივ რემისიად მიჩნეულია გლიკემიის მაჩვენებლები უზმოდ 100-125მგ/დლ ,HbA1c-5.7-6.4% 1 წლის შემდეგ, მედიკამენტური მკურნალობის გარეშე.
- სრული რემისიის დროს - გლიკემიის მაჩვენებლები უზმოდ <100 მგ/დლ , HbA1c < 5.7% 1 წლის შემდეგ.
- სრული რემისიის ხანგრძლივობა 5 წელზე მეტად ითვლება შაქრიანი დიაბეტის განკურნებად.

შაქრიანი დიაბეტის რემისიის პროგნოზირებისთვის შემოთავაზებულია რამდენიმე განსხვავებული ქულებით შეფასების მოდელი, მათ შორისაა ABCD DiaRem [10], Ad-DiaRem[11] და DiaBetter [12], რომლებიც დაფუძნებულია პაციენტების რეტროსპექტულ მონაცემებზე, რომლებმაც ჩაიტარეს გასტროშუნტირება (GBP). ინდივიდუალური მეტაბოლური ქირურგიის (IMS) ქულა შემუშავებულია ქირურგიული პროცედურის უკეთ ოპტიმიზაციისთვის გასტროშუნტირებას და კუჭის „სახელოსებრ“ რეზექციას შორის [13]. ABCD ქულა ეფუძნება ასაკს, BMI-ს, C-პეპტიდს და დიაბეტის ხანგრძლივობას. DiaRem ქულა ეფუძნება ასაკს, HbA1c-ს და მეტფორმინის. სულფონილშარდოვანას, გლიტაზონების და/ან ინსულინის

გამოყენებას. Ad-DiaRem მოიცავს DiaRem კრიტერიუმებს ანტიდიაბეტური პრეპარატების რაოდენობასთან ერთად დიაბეტის ხანგრძლივობას. DiaBetter ქულა ეფუძნება HbA1c-ს, მეტფორმინის, სხვა ანტიდიაბეტური პრეპარატების გამოყენებას და დიაბეტის ხანგრძლივობას. IMS ქულა ეფუძნება HbA1c-ს, ინსულინით მკურნალობას, ანტიდიაბეტური პრეპარატების რაოდენობას და დიაბეტის ხანგრძლივობას. ABCD გარდა ქულების ყველა სხვა სისტემისთვის, დაბალი ქულები პროგნოზირებენ დიაბეტის რემისიის მაღალ შანსს, ხოლო უფრო მაღალი ქულები დიაბეტის რემისიის დაბალ შანსს.

საკვები ნივთიერებების არსებობა კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში იწვევს ჰორმონალური და ნერვული რეაქციების კომპლექსურ ცვლილებას, რომლებიც არეგულირებენ ენერგიას და გლუკოზის ჰომეოსტაზს. ნაწლავის პეპტიდები სინთეზირდება და გამოიყოფა ლორწოვანის ეპითელიური ენტეროენდოკრინული უჯრედებიდან.

ნაწლავის პეპტიდები და საკვები ნივთიერებები მოქმედებენ პერიფერიულ და ცენტრალურ სამიზნეებზე სისხლის მიმოქცევის და/ან აფერენტული ნერვების მეშვეობით. პერორალურად მიღებული გლუკოზა ხელს უწყობს ინსულინის უფრო მეტ გამოყოფას, ვიდრე გლუკოზა, რომელიც შეყვანილია პარენტურალურად. ფენომენი, რომელიც ცნობილია როგორც ინკრეტინის ეფექტი, უპირატესად შუამავლობს ინკრეტინების GLP-1 და GIP-გზით. ეს პეპტიდები აძლიერებენ გლუკოზით სტიმულირებულ ინსულინის სეკრეციას, ინსულინის მოქმედებას და β -უჯრედების ფუნქციას.

T2DM-ის მქონე პაციენტებს აღენიშნებოდათ ღვიძლის და პანკრეასის გაცხიმოვნება შესაბამისი BMI-ის მქონე ნორმოგლიკემიურ პაციენტებთან შედარებით [14]. ტეილორმა და კოლეგებმა დაადგინეს, რომ T2DM-ის მქონე პაციენტებში, რომლებსაც ჩაუტარდათ გასტრომუნტირება (RYGB) ან იმყოფებოდნენ ძალიან დაბალკალორიულ დიეტაზე (500 კკალ/დღეში) (VLCD), ღვიძლში ცხიმის შემცველობა სწრაფად მცირდებოდა ღვიძლის ინსულინისადმი მგრძობიანობის გაუმჯობესების

პარალელურად. უზმოდ პლაზმაში გლუკოზის დონის ნორმალიზება ხდებოდა 7 დღეში. პანკრეასის ცხიმის შემცველობის შემცირება უფრო ნელი იყო როგორც VLCD, ასევე RYGB-ით, არადიაბეტურ დონემდე ნორმალიზებას 8 კვირა დასჭირდა. პანკრეასის ცხიმის შემცირებას თან ახლდა პირველი ფაზის ინსულინის სეკრეციის აღდგენა.

ეს კვლევები ხაზს უსვამს ღვიძლისა და პანკრეასის გაცხიმოვნების როლს T2DM-ის პათოგენეზში და ასევე კალორაჟის მაღალი დეფიციტის პოტენციალს T2DM-ის გასაუმჯობესებლად. თუმცა, VLCD-ით გამოწვეული წონის დაკლება იწვევს კომპენსატორულ ჰომეოსტაზურ ცვლილებებს, მათ შორის შიმშილის გაზრდას, მოცირკულირე გრელინის გაზრდას და მოცირკულირე GLP-1 და PYY-ის შემცირებას - ცვლილებები, რომლებიც, სავარაუდოდ, ხელს უწყობს წონის რეციდივის მაღალ ხარისხს დიეტასთან ერთად. ამის საპირისპიროდ, პოსტპრანდიალური GLP-1 და PYY დონეები იზრდება RYGB და VSG შემდეგ, ხოლო გრელინი ჩვეულებრივ ეცემა. ეს ცვლილებები ხელს უწყობს მადის დაქვეითებას და გემოვნების ცვლილებებს, რაც ხელს უწყობს წონის დაკლებას [15]. ზემოაღნიშნული კვლევებით ვარაუდობენ, რომ β-უჯრედების ფუნქცია შეიძლება არ გაუმჯობესდეს RYGB-დან 8 კვირამდე. თუმცა, გლუკოზის ინტრავენური შეყვანის გამოყენებით, Martinussen et al. აჩვენა გაძლიერებული, თუმცა არა ნორმალიზებული, პირველი ფაზის ინსულინის პასუხი და გაუმჯობესებული HOMA-β პაციენტებში T2DM ოპერაციიდან 1 კვირის განმავლობაში. ამიტომ სავარაუდოა, რომ RYGB-ს აქვს ადრეული სასარგებლო ეფექტი β-უჯრედების ფუნქციაზე. გლუკოტოქსიურობის დაქვეითება, რომელიც გამოწვეულია გლუკოზის ნორმალიზებული დონის შედეგად, ასევე ხელს უწყობს ამ ცვლილებები. 1 ცხრილში მოცემულია DiaRem კალკულატორი

ცხრილი 1. DiaRem კალკულატორი

		ქულები
მონაცემები	<40	0
ასაკი	40–49	1

	49–59	2
	>60	3
	HbA1C %	
	<6.5	0
	6.5–6.9	2
	7.0–8.9	4
	>9	6
სხვა ანტიდიაბეტური პრეპარატები	მხოლოდ მეტფორმინი	0
	მეტფორმინის გარდა სხვა პრეპარატები	3
ინსულინით მკურნალობა	კი	0
	არა	10
	ქულათა ჯამი (0–22)	0–22
რემისიის ალბათობა%	0–2	87 (83–90)
	3–7	66 (61–70)
	8–12	32 (24–40)
	13–17	16 (12–21)
	18–22	5 (0–9)

კვლევებით დადგინდა ქირურგიული ჩარევის გავლენა ინკრეტინებზე, ნეირონულ სიგნალებზე, ნაწლავის ფიზიოლოგიაზე, ნაღვლის მჟავების მეტაბოლიზმზე და ნაწლავის მიკრობიომზე, ცხიმოვან ქსოვილზე. ბარიატრიული ქირურგია აუმჯობესებს ნახშირწყლოვან ცვლას წონა - დამოკიდებული და წონა დამოუკიდებელი ეფექტებით. ამ სხვადასხვა ეფექტებით აიხსნება განსხვავება მედიკამენტურ და ქირურგიულ მკურნალობას შორის.

ნაწლავური ჰორმონები იყოფიან ანორექსიგენულ და ორექსიგენულ ჰორმონებად .

ორექსიგენული ჰორმონია გრელინი

- მას შიმშილის ჰორმონს ეძახიან
- ასტიმულირებს მადას ჰიპოთალამუსზე ზემოქმედებით
- წარმოიქმნება კუჭის ფუნდუსსა და სხეულში
- სეკრეცია მატულობს კვებათა შორის ინტერვალში
- მცირდება საკვების მიღების შემდეგ

- მსუქან პაციენტებს დარღვეული აქვთ პოსტპრანდიალური სეკრეციის შემცირება ნორმალური წონის პაციენტებთან შედარებით
- კვლევებით დადგენილია გრელინის დონის მატება არაქირურგიული გზებით წონის შემცირების შემთხვევაში

ანორექსიგენული ჰორმონებია

- გლუკაგონის მსგავსი პეპტიდი-GLP1
- პეპტიდი YY (PYY3-36)
- ქოლეცისტოკინინი (CCK)
- ოქსიტომოდულინი
- გლიცენტინი

გლუკაგონის მსგავსი პეპტიდი - GLP 1

- გამომუშავდება 12-გოჯა ნაწლავსა და წვრილი ნაწლავის დისტალურ ნაწილში L უჯრედებში
 - ასტიმულირებს ინსულინის სეკრეციას
 - ხელს უწყობს ბეტა უჯრედების პროლიფერაციას
 - ამცირებს ბეტა უჯრედების აპოპტოზს
 - ამცირებს გლუკაგონის სეკრეციას
 - ხანგრძლივდება კუჭის დაცლა
 - იზრდება გლუკოზის ათვისება ღვიძლის, კუნთებისა და ცხიმოვანი ქსოვილის მიერ
- ცნს-ზე მოქმედებით მცირდება მადა, იზრდება სიმამლის შეგრძნება

პეპტიდი YY

- პეპტიდი YY ფერმენტების ზემოქმედებით იშლება PYY1-36და PYY3-36. აქტიურია უკანასკნელი ფორმა

- წარმოიქმნება წვრილი ნაწლავის დისტალურ ნაწილში- L უჯრედებში, კოლინჯსა და თავის ტვინში
 - ამცირებს კუჭის დაცლას, ნაწლავთა მოტორიკას
 - ის ენდოგენური აგონისტია თავის ტვინის რკალოვან ბირთვებში Y2 რეცეპტორების, რაც ამცირებს მადას
- მსუქან პაციენტებში პეპტიდი YY -ის სეკრეცია შემცირებულია

ქოლესტოკინინი

- გამომუშავდება 12 გოჯა და წვრილ ნაწლავში საკვების მიღების შემდეგ, პიკს აღწევს 15 წთ-ში
- ასტიმულირებს ნაღვლის ბუშტის შეკუმშვას
- პანკრეასულ პეპტიდებს
- აქვს ანორექსიგენული მოქმედება ვაგუსის აფერენტული რკალის CCK რეცეპტორებზე ზემოქმედებით
- მსუქნებში შემცირებულია ქოლესტოკინინის სეკრეცია

ნაღვლის მჟავები

- ნაღვლის მჟავები მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ ქოლესტერინის კატაბოლიზმში და ზრდიან ენერგიის ხარჯვას ფარისებრი ჯირკვლის ჰორმონის უჯრედშიდა აქტივაციის ხელშეწყობის გზით.
 - ნაღვლის მჟავების კონცენტრაცია იზრდება RYGB-ის VSG-ს შემდეგ.
- ენერგიის ხარჯვის გაზრდის და ცხიმოვანი მჟავების დაჟანგვაში მათი როლის გარდა, ნაღვლის მჟავებს აქვთ მადის მაინჰიბირებელი ეფექტი, რადგან ისინი ასტიმულირებენ GLP-1 და PYY
- მათი მატება არ ხდება არაოპერაციული გზით კალორიების შეზღუდვის დროს

ოქსიტომოდულინი და გლიცენტინი

- პოსტპრანდიალური დონე მნიშვნელოვნად მატულობს კუჭის სახელოსებრი რეზექციის (VSG)-დან და გასტროშუნტირებიდან RYGB-დან 3 თვის შემდეგ. ეს მომატებული კონცენტრაციები დადებითად იყო დაკავშირებული სიმამღრის შეგრძნებასთან და წონის კლებასთან [16].
- ოქსიტომოდულინი არის გლუკაგონისა და GLP-1 რეცეპტორების ორმაგი აგონისტი, რომელსაც შეუძლია დამატებით იმოქმედოს GLP-1-ზე, რათა შეამციროს საკვების მიღება და მადა [17].
- გლიცენტინის ბიოლოგიური როლი ჯერ კიდევ არ არის ნათელი, ვარაუდობენ, რომ ის არის ყველაზე სტაბილური პროგლუკაგონის პეპტიდებიდან და შესაბამისად, შეიძლება იყოს L-უჯრედოვანი ჰორმონების სეკრეციის საუკეთესო მარკერი, როგორცაა GLP-1 [18].

ზოგიერთმა კვლევამ აჩვენა, რომ ნაწლავის მიკრობიომის ტრანსპლანტაცია RYGB-ით ნამკურნალები სუბიექტებიდან არანაოპრაციებ პირებზე იწვევს წონის დაკლებას.

SG-მ გამოიწვია *Bacteroides thetaiotaomicron*-ის სიმრავლის მატება თავებში, რამაც მნიშვნელოვნად შეცვალა სიმსუქნესთან დაკავშირებული მიკრობული და მეტაბოლური ცვლილებები, აჩვენა სხეულის მასის შემცირება [19].

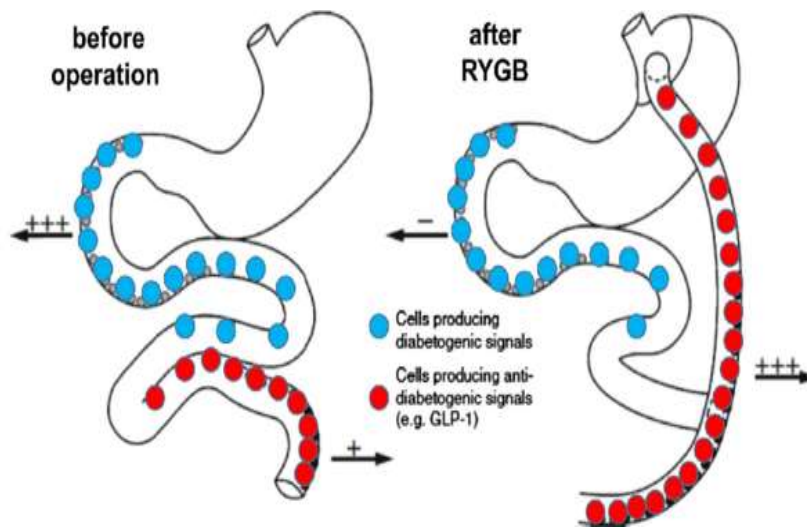
ტიპი2 შაქრიან დიაბეტზე ბარიატრიული ქირურგიის ეფექტების ასახსნელად არსებობს ორი ძირითადი ჰიპოთეზა:

ნაწლავის დისტალური ნაწილის ჰიპოთეზით

- T2D-ის რემისია გამოწვეულია საკვები ნივთიერებების უფრო სწრაფი მიწოდებით დისტალურ წვრილ ნაწლავში, სადაც L- უჯრედები უფრო მჭიდროდ არის განაწილებული, რაც აძლიერებს GLP-1-ის გამოყოფას

GLP-1 ასტიმულირებს არა მხოლოდ ინსულინის სეკრეციას, არამედ პროინსულინის გენის ტრანსკრიფციას, ასევე თრგუნავს გლუკაგონის სეკრეციას.

ნაწლავის პროქსიმალური ნაწილის ჰიპოთეზა. პროქსიმალური წვრილი ნაწლავის გამორიცხვა საკვები ნივთიერებების ტრანზიტიდან ამცირებს ან თრგუნავს ანტინკრეტინული ჰორმონების სეკრეციას, რითაც უმჯობესდება გლიკემიური კონტროლი.

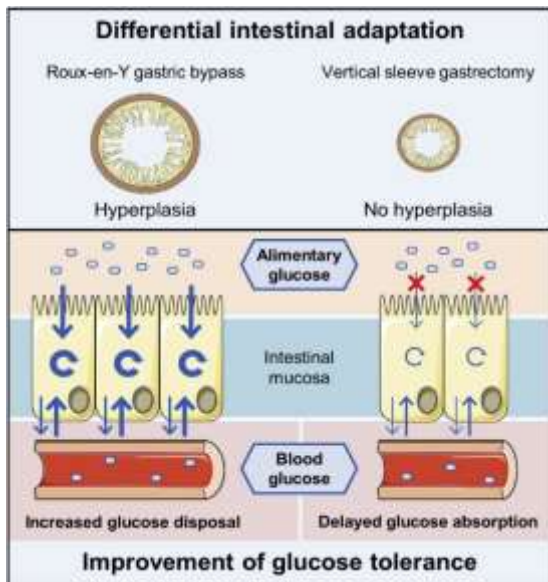


ნაღვლის მყავები

VSG და RYGB ოპერაციების მსგავსი სასარგებლო მეტაბოლური ეფექტის მიუხედავად, ნაწლავებში ცვლილებები განსხვავდება. RYGB ოპერაციის შემდეგ ხდება ნაწლავის ლორწოვანის მორფოლოგიური ადაპტაცია, რომელიც ხასიათდება

ლორწოვანის ჰიპერპლაზიით და ჰიპერტროფიით. ეს ცვლილებები ნაწლავის ლორწოვან გარსში გამოწვეულია მოუნელებელი საკვები ნივთიერებების ზემოქმედებით. ჰიპერპლაზია და ჰიპერტროფია ზრდის ნაწლავის მიერ ნახშირწყლების მოხმარებას.

ასევე მცირდება გლუკოზის ათვისება ნაწლავის ალიმენტურ ნაწილში, რაც გამოწვეულია აპიკალური SGLT1 აქტივობის შემცირებით. ამ მექანიზმების გამო ნაწლავს მიაკუთვნებენ ორგანოების/პერიფერიული ქსოვილების ჯგუფს, რომლებიც პასუხისმგებელი არიან გლუკოზის ცვლაზე მეტაბოლური ოპერაციის შემდეგ [20].



ცნობილია, რომ ცხიმოვანი ქსოვილის დისფუნქცია და ვისცერალური სიმსუქნე ამცირებს ინსულინის მგრძნობელობას და β -უჯრედების ფუნქციას და წარმოადგენს ტიპი 2 შაქრიანი დიაბეტის და გულ-სისხლძარღვთა დაავადებების დამოუკიდებელ რისკ-ფაქტორს. ეს გამოწვეულია იმით, რომ ცხიმოვანი ქსოვილი არის აქტიური ენდოკრინული და პარაკრინული ორგანო, რომელიც გამოყოფს უამრავ ჰორმონს, ციტოკინს და სხვა ნაერთებს, რომლებიც გავლენას ახდენენ არა მხოლოდ სხეულის

წონაზე, საკვების მიღებაზე და ენერჯის ჰომეოსტაზზე, არამედ არეგულირებენ გლუკოზისა და ლიპიდების მეტაბოლიზმს. ცხიმოვანი უჯრედებიდან გამოყოფილი ჰორმონების წარმოადგენს ლეპტინი, ადიპონექტინი, რეზისტინი, რეტინოლ-შემაკავშირებელ პროტეინი-4 და ვისფატინი და სხვა.. გარდა ადიპონექტინისა, ამ ჰორმონების კონცენტრაცია იზრდება სიმსუქნისა და ინსულინრეზისტენტობის დროს [21] და მცირდება წონის დაკლების შემდეგ. რაც შეეხება ციტოკინებს, სიმსუქნე ხასიათდება ქრონიკული, დუნედ მიმდინარე ანთების პროვოცირებით, რომელიც მონაწილეობს T2DM-ის განვითარებაში.

ამრიგად, ბარიატრიული ქირურგია არის სიმსუქნის ყველაზე ეფექტური მკურნალობა. ის მნიშვნელოვნად აუმჯობესებს გლიკემიურ კონტროლს ხშირად ოპერაციიდან რამდენიმე დღეში, წონის დაკლებისგან დამოუკიდებლად. დიაბეტის რემისია გამოწვეულია β -უჯრედების ფუნქციის გაუმჯობესებით, ინსულინის მიმართ მგრძობელობის მატებით. მისი გავლენით ინკრეტინებზე, ნეირონულ სიგნალებზე, ნაწლავის ფიზიოლოგიაზე და მიკრობიომზე.

ლიტერატურა

1. Ng M, Fleming T, Robinson M, Thomson B, Graetz N, Margono C, Mullany EC, Biryukov S, ეტ ალ/ Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 12013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. Lancet. 2014 Aug 30;384(9945):766-81. doi: 10.1016/S0140-6736(14)60460-8. Epub 2014 May 29. Erratum in: Lancet. 2014 Aug 30;384(9945):746. PMID: 24880830; PMCID: PMC4624264.
2. Cătoi AF, Pârvu A, Mureșan A, Busetto L. Metabolic Mechanisms in Obesity and Type 2 Diabetes: Insights from Bariatric/Metabolic Surgery. Obes Facts. 2015;8(6):350-63. doi: 10.1159/000441259. Epub 2015 Nov 20. PMID: 26584027; PMCID: PMC5644813.

3. American Diabetes Association, Summary of Revisions: *Standards of Care in Diabetes—2023*. *Diabetes Care* 1 January 2023; 46 (Supplement_1): S5–S9.
4. Puzziferri N, Roshek TB 3rd, Mayo HG, Gallagher R, Belle SH, Livingston EH. Long-term follow-up after bariatric surgery: a systematic review. *JAMA*. 2014 Sep 3;312(9):934-42. doi: 10.1001/jama.2014.10706. PMID: 25182102; PMCID: PMC4409000.
5. Look AHEAD Research Group. Eight-year weight losses with an intensive lifestyle intervention: the look AHEAD study. *Obesity (Silver Spring)*. 2014 Jan;22(1):5-13. doi: 10.1002/oby.20662. PMID: 24307184; PMCID: PMC3904491.
6. BARNES CG. Hypoglycaemia following partial gastrectomy; report of three cases. *Lancet*. 1947 Oct 11;2(6476):536-9. doi: 10.1016/s0140-6736(47)90584-9. PMID: 20265182.
7. BARNES CG. Hypoglycaemia following partial gastrectomy; report of three cases. *Lancet*. 1947 Oct
8. Hainer V, Toplak H, Mitrakou A. Treatment modalities of obesity: what fits whom? *Diabetes Care*. 2008 Feb;31 Suppl 2:S269-77. doi: 10.2337/dc08-s265. PMID: 18227496.
9. Eisenberg D, Shikora SA, Aarts E, Aminian A, Angrisani L, Cohen RV, De Luca M, Faria SL, Goodpaster KPS, Haddad A, Himpens JM, Kow L, Kurian M, Loi K, Mahawar K, Nimeri A, O'Kane M, Pappas PK, Ponce J, Pratt JSA, Rogers AM, Steele KE, Suter M, Kothari SN. 2022 American Society for Metabolic and Bariatric Surgery (ASMBS) and International Federation for the Surgery of Obesity and Metabolic Disorders (IFSO): Indications for Metabolic and Bariatric Surgery.
10. Lee WJ, Hur KY, Lakadawala M, Kasama K, Wong SK, Chen SC, Lee YC, Ser KH. Predicting success of metabolic surgery: age, body mass index, C-peptide, and duration score. *Surgery for Obesity and Related Diseases*. 2013 May 1;9(3):379-84.
11. Aron-Wisnewsky J, Sokolovska N, Liu Y, Comaneshter DS, Vinker S, Pecht T, Poitou C, Oppert JM, Bouillot JL, Genser L, Dicker D. The advanced-DiaRem score improves prediction of diabetes remission 1 year post-Roux-en-Y gastric bypass. *Diabetologia*. 2017

12. Pucci A, Tymoszuk U, Cheung WH, Makaronidis JM, Scholes S, Tharakan G, Elkalaawy M, Guimaraes M, Nora M, Hashemi M, Jenkinson A. Type 2 diabetes remission 2 years post Roux-en-Y gastric bypass and sleeve gastrectomy: the role of the weight loss and comparison of DiaRem and DiaBetter scores. *Diabetic Medicine*. 2018 Mar;35(3):360-7.
13. Aminian A, Brethauer SA, Andalib A, Nowacki AS, Jimenez A, Corcelles R, Hanipah ZN, PUNCHAI S, Bhatt DL, Kashyap SR, Burguera B. Individualized metabolic surgery score: procedure selection based on diabetes severity. *Annals of surgery*. 2017
14. Taylor R. Banting Memorial lecture 2012: reversing the twin cycles of type 2 diabetes. *Diabet Med*. 2013 Mar;30(3):267-75. doi: 10.1111/dme.12039. PMID: 23075228; PMCID: PMC3593165.
15. Manning S, Pucci A, Batterham RL. Roux-en-Y gastric bypass: effects on feeding behavior and underlying mechanisms. *J Clin Invest*. 2015 Mar
16. Perakakis N, Kokkinos A, Peradze N, Tentolouris N, Ghaly W, Pilitsi E, Upadhyay J, Alexandrou A, Mantzoros CS. Circulating levels of gastrointestinal hormones in response to the most common types of bariatric surgery and predictive value for weight loss over one year: Evidence from two independent trials. *Metabolism*. 2019 Dec;101:153997. doi: 10.1016/j.metabol.2019.153997. Epub 2019 Oct 28. PMID: 31672446.
17. Perakakis N, Mantzoros CS. The role of glicentin and oxyntomodulin in human metabolism: new evidence and new directions. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2020 Aug;105(8):e3003-5.
18. Nielsen MS, Ritz C, Wewer Albrechtsen NJ, Holst JJ, le Roux CW, Sjodin A. Oxyntomodulin and glicentin may predict the effect of bariatric surgery on food preferences and weight loss. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. 2020 Apr;105(4):e1064-74.
19. Liu R, Hong J, Xu X, Feng Q, Zhang D, Gu Y, Shi J, Zhao S, Liu W, Wang X, Xia H, Liu Z, Cui B, Liang P, Xi L, Jin J, Ying X, Wang X, Zhao X, Li W, Jia H, Lan Z, Li F, Wang R, Sun Y, Yang M, Shen Y, Jie Z, Li J, Chen X, Zhong H, Xie H, Zhang Y, Gu W, Deng X, Shen B,

Xu X, Yang H, Xu G, Bi Y, Lai S, Wang J, Qi L, Madsen L, Wang J, Ning G, Kristiansen K, Wang W. Gut microbiome and serum metabolome alterations in obesity and after weight-loss intervention. *Nat Med*. 2017 Jul;23(7):859-868. doi: 10.1038/nm.4358. Epub 2017 Jun 19. PMID: 28628112.

20. Saeidi N, Meoli L, Nestoridi E, Gupta NK, Kvas S, Kucharczyk J, Bonab AA, Fischman AJ, Yarmush ML, Stylopoulos N. Reprogramming of intestinal glucose metabolism and glycemic control in rats after gastric bypass. *Science*. 2013 Jul

21. Pérez-Pevida B, Escalada J, Miras AD, Frühbeck G. Mechanisms Underlying Type 2 Diabetes Remission After Metabolic Surgery. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2019