ТЎҚИМА МУСТАҲКАМЛИГИ ИНДЕКСИ (ТМИ): ҚАНДЛИ ДИАБЕТЛИ БЕМОРЛАРДА ВЕНТРАЛ ЧУРРАНИ БАҲОЛАШ УЧУН БАЛЛИК ШКАЛАНИ ИШЛАБ ЧИҚИШ ВА МАТЕМАТИК АСОСЛАШ

Худойқулов Мақсуд Муродулло ўғли
2-сон Умумий хирургия кафедраси, Тошкент давлат тиббиёт университети, Тошкент, Ўзбекистон

Аннотация. Қандли диабетли беморларда вентрал чуррани жарроҳлик даволаш тактикасини танлаш учун «Тўқима мустаҳкамлиги индекси» (ТМИ) ишлаб чиқилди. Индекс бешта кўрсаткични бирлаштиради: чурра атрофидаги мушак қалинлиги, апоневроз ҳолати (УТТ-эластография), гликирланган гемоглобин (HbA1c), тана вазни индекси (ТВИ) ва EHS бўйича чурра дарвозаси кенглиги. Индекс формуласи: ТМИ = (М × К1) + (А × К2) − (Г × К3) − (Т × К4) − (W × К5). Шкаланинг хусусиятларини аниқлаш учун барча мумкин бўлган 243 та балл комбинацияси тўлиқ санаб чиқилди. ТМИ − 4 дан +6 гача қиймат олади (ўртача 1,0 ± 1,83); комбинацияларнинг 79,0% паст (≤2), 18,5% ўрта (3–4) ва атиги 2,5% юқори (5–6) тоифага тушади. Икки модификацияланувчи омил (HbA1c ва ТВИ) тўлиқ оптималлаштирилганда паст ТМИли комбинацияларнинг 53,1% и юқорироқ тоифага ўтади. ТМИ операциядан олдинги оптималлаштириш ва жарроҳлик усулини танлаш учун асос бўлиб хизмат қилади.

Калит сўзлар: вентрал чурра, қандли диабет, тўқима мустаҳкамлиги индекси, баллик шкала, HbA1c, эластография.

Резюме. Для выбора хирургической тактики при вентральных грыжах у больных сахарным диабетом разработан «Индекс прочности тканей» (ИПТ), объединяющий пять показателей: толщину мышц вокруг грыжи, состояние апоневроза (УЗ-эластография), гликированный гемоглобин (HbA1c), индекс массы тела (ИМТ) и ширину грыжевых ворот по EHS. Формула: ИПТ = (М × К1) + (А × К2) − (Г × К3) − (Т × К4) − (W × К5). Проведён полный перебор всех 243 возможных комбинаций баллов. ИПТ принимает значения от −4 до +6 (среднее 1,0 ± 1,83); 79,0% комбинаций относятся к низкой (≤2), 18,5% — к средней (3–4) и лишь 2,5% — к высокой (5–6) категории. При полной оптимизации модифицируемых факторов (HbA1c и ИМТ) 53,1% комбинаций с низким ИПТ переходят в более высокую категорию. ИПТ может служить основой для предоперационной оптимизации и выбора способа герниопластики.

Ключевые слова: вентральная грыжа, сахарный диабет, индекс прочности тканей, балльная шкала, HbA1c, эластография.

Abstract. A Tissue Strength Index (TSI) was developed to guide surgical tactics for ventral hernia in patients with diabetes mellitus. The index combines five parameters: peri-hernial muscle thickness, aponeurosis condition (ultrasound elastography), glycated haemoglobin (HbA1c), body mass index (BMI) and EHS defect width. Formula: TSI = (M × K1) + (A × K2) − (G × K3) − (B × K4) − (W × K5). All 243 possible score combinations were enumerated. TSI ranges from −4 to +6 (mean 1.0 ± 1.83); 79.0% of combinations fall into the low (≤2), 18.5% into the intermediate (3–4) and only 2.5% into the high (5–6) category. Full optimisation of the modifiable factors (HbA1c and BMI) moves 53.1% of low-TSI combinations to a higher category. The TSI may serve as a basis for preoperative optimisation and choice of repair technique.

Keywords: ventral hernia, diabetes mellitus, tissue strength index, scoring scale, HbA1c, elastography.

Кириш

Қандли диабет (ҚД) вентрал чурраларни жарроҳлик йўли билан даволашда яра асоратлари ва рецидивлар хавфини оширади [1, 2]. Сурункали гипергликемия коллаген алмашинувини бузади ва гликирланишнинг охирги маҳсулотлари тўпланиши орқали апоневрознинг механик хусусиятларини ўзгартиради [3, 4, 5]. Семизлик ва кенг чурра дарвозаси тикилган тўқимага тушадиган юкни оширади [6, 7].

Клиник амалиётда қўлланиладиган VHWG ва модификацияланган VHWG шкалалари ҚДни фақат бинар белги сифатида ҳисобга олади ва чурра атрофидаги тўқималарнинг ҳолатини баҳоламайди [8, 9]. Шу сабабли маҳаллий (мушак, апоневроз, чурра дарвозаси) ва тизимли (гликемик назорат, тана вазни) омилларни бир кўрсаткичда бирлаштирувчи баҳолаш тизимига эҳтиёж мавжуд.

Тадқиқот мақсади – қандли диабетли беморларда вентрал чуррани баҳолаш учун тўқима мустаҳкамлиги индексини (ТМИ) ишлаб чиқиш ва унинг шкала хусусиятларини математик жиҳатдан асослаш.

Материал ва усуллар

Индекс тузилиши. ТМИ икки гуруҳ омиллар мувозанати сифатида тузилди: қорин девори барқарорлигини таъминловчи омиллар («+» ишора билан) ва уни бузувчи омиллар («−» ишора билан):

$$\text{ТМИ} = (\text{М} \times \text{К1}) + (\text{А} \times \text{К2}) - (\text{Г} \times \text{К3}) - (\text{Т} \times \text{К4}) - (\text{W} \times \text{К5}),$$

бу ерда: М – чурра атрофидаги мушак қалинлиги балли; А – апоневроз ҳолати (коллаген зичлиги) балли; Г – HbA1c балли; Т – тана вазни индекси балли; W – EHS таснифи бўйича чурра дарвозаси кенглиги балли; К1–К5 – тарозий коэффициентлар. Индекснинг асосий (баллик) вариантида барча коэффициентлар 1 га тенг қабул қилинди, чунки ҳар бир

кўрсаткич бир хил диапазондаги балларга келтирилган ва тоифа чегаралари айнан шу вариант учун белгиланган.

Кўрсаткичларни баллаш 1-жадвалда келтирилган. Мушак қалинлиги чурра атрофида (тўғри мушак, m. rectus abdominis) КТ ёки УТТ ёрдамида, апоневроз ҳолати – оқ чизиқ бўйлаб (ханжарсимон ўсимтадан қов суягигача, чурранинг юқори ва пастки қисмларида) УТТ-эластография ёрдамида баҳоланади [10, 11]. Чурра дарвозаси кенглиги EHS таснифига кўра аниқланади [12]. Тасниф чегаралари устма-уст тушмаслиги учун ушбу қоида қабул қилинди: мушак қалинлиги 12 мм ва ундан ортиқ – 3 балл, 8 мм дан 12 мм гача – 2 балл, 8 мм дан кам – 1 балл; ТВИ 35 кг/м² ва ундан юқори – 2 балл.

1-жадвал. ТМИ таркибий қисмларини баллаш мезонлари

Кўрсаткич	Ишора	Мезон	Балл
Мушак қалинлиги (М), КТ/УТТ	+	≥12 мм – яхши мустаҳкамлик	3
		8–12 мм – ўртача	2
		<8 мм – заиф тўқима	1
Апоневроз ҳолати (А), УТТ-эластография	+	Қаттиқ, эластиклиги юқори – мустаҳкам ва яхши битган	3
		Ўртача қаттиқлик, ўртача эластиклик – тикланаётган	2
		Юмшоқ, эластиклиги паст – заиф ёки яллиғланган	1
HbA1c (Г)	−	<7,5%	0
		7,5–8,5%	1
		>8,5%	2
Тана вазни индекси (Т)	−	<30 кг/м²	0
		30–34,9 кг/м²	1
		≥35 кг/м²	2
Чурра дарвозаси кенглиги (W), EHS	−	W1: <4 см	0
		W2: 4–10 см	1
		W3: >10 см	2

Тоифалар. ТМИ учта тоифага ажратилди: юқори – 5–6 балл, ўрта – 3–4 балл, паст – 2 балл ва ундан кам (манфий қийматлар ҳам паст тоифага киритилади).

Математик таҳлил. Шкаланинг хусусиятларини аниқлаш учун бешта кўрсаткич балларининг барча мумкин бўлган комбинациялари ($3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 = 243$) Python 3 дастурлаш тилида тўлиқ санаб чиқилди. Ҳар бир комбинация учун ТМИ ва тоифа ҳисобланди. Қуйидагилар аниқланди: (1) ТМИ қийматларининг тақсимоти, ўртача қиймат ва стандарт четланиш; (2) ҳар бир кўрсаткич даражасига қараб тоифалар тақсимоти (кўрсаткичнинг индексга таъсир кучи); (3) модификацияланувчи омилларни оптималлаштиришнинг икки сценарийи: а) HbA1c ва ТВИ балларини бир поғонага пасайтириш (чекланган оптималлаштириш), б) иккала баллни 0 гача пасайтириш (тўлиқ оптималлаштириш). Таҳлил шкаланинг назарий балл фазосини тавсифлайди ва беморлар популяциясидаги учраш частотасини акс эттирмайди.

Натижалар

ТМИ қийматлари диапазони ва тақсимоти. ТМИ − 4 (мушак ва апоневроз заиф, барча салбий омиллар максимал) дан +6 гача (мушак ва апоневроз мустаҳкам, салбий омиллар йўқ) 11 та бутун қиймат олади. 243 комбинация бўйича ўртача қиймат 1,0 ± 1,83, медиана – 1 балл; тақсимот медианага нисбатан симметрик (1-расм).

2-жадвал. 243 комбинациянинг ТМИ тоифалари бўйича тақсимланиши

ТМИ тоифаси	Балл оралиғи	Комбинациялар сони	%
Юқори	5–6	6	2,5
Ўрта	3–4	45	18,5
Паст	≤2	192	79,0
Жами	−4 … +6	243	100

Юқори ТМИга фақат 6 та комбинацияда эришилади: мушак ва апоневроз иккала 3 баллда бўлиб, салбий омиллар йиғиндиси 1 дан ошмаганда (4 комбинация) ёки улардан бири 2 баллда, салбий омиллар эса йўқ бўлганда (2 комбинация). Бошқача айтганда, юқори ТМИ фақат тўқималар мустаҳкам ва метаболик назорат деярли тўлиқ бўлганда аниқланади, яъни шкала «стандарт» жарроҳлик тактикасига фақат аниқ асос бўлганда рухсат беради.

Кўрсаткичларнинг индексга таъсири. Ҳар бир кўрсаткич бир хил 2 баллик кенгликка эга бўлганлиги сабабли, базавий вариантда (K1–K5 = 1) уларнинг индексга

таъсири симметрик: мушак қалинлигининг энг яхши даражаси (3 балл) HbA1c ёки ТВИ нинг энг яхши даражаси (0 балл) билан айнан бир хил тақсимотни беради (3-жадвал).

3-жадвал. Алоҳида кўрсаткич даражасига қараб ТМИ тоифалари тақсимоти (ҳар бир даражада 81 комбинация)

Кўрсаткич даражаси	**Юқори ТМИ, n (%)**	**Ўрта ТМИ, n (%)**	**Паст ТМИ, n (%)**
Энг яхши (М ёки А = 3; Г, Т ёки W = 0)	5 (6,2)	26 (32,1)	50 (61,7)
Ўртача (М ёки А = 2; Г, Т ёки W = 1)	1 (1,2)	14 (17,3)	66 (81,5)
Энг ёмон (М ёки А = 1; Г, Т ёки W = 2)	0 (0)	5 (6,2)	76 (93,8)

Исталган битта кўрсаткичнинг энг ёмон даражаси юқори ТМИни тўлиқ истисно қилади ва паст ТМИ эҳтимолини 93,8% гача оширади. Бу шкаланинг «заиф бўғин» тамойилини акс эттиради: тўқима мустаҳкамлигини таъминловчи занжирнинг битта ҳалқаси заифлашганда бемор амалда «стандарт» герниопластика гуруҳидан чиқади.

Модификацияланувчи омилларни оптималлаштириш сценарийлари. HbA1c ва ТВИ операциядан олдин ўзгартирилиши мумкин бўлган кўрсаткичлардир. Иккала кўрсаткич бир поғонага яхшиланганда паст ТМИли 192 комбинациядан 61 таси (31,8%) ўрта тоифага, ўрта ТМИли 45 тадан 14 таси (31,1%) юқори тоифага ўтди. Тўлиқ оптималлаштиришда (HbA1c <7,5%, ТВИ <30 кг/м²) паст ТМИли комбинацияларнинг 102 таси (53,1%) юқорироқ тоифага ўтди (92 таси ўрта, 10 таси юқори тоифага), ўрта ТМИлиларнинг 20 таси (44,4%) юқори тоифага ўтди (4-жадвал).

4-жадвал. Оптималлаштириш сценарийларида ТМИ тоифаларининг ўзгариши (n = 243)

Тоифа	**Дастлабки, n (%)**	**Чекланган оптималлаштириш (Г ва Т − 1 балл), n (%)**	**Тўлиқ оптималлаштириш (Г = Т = 0), n (%)**
Юқори (5–6)	6 (2,5)	20 (8,2)	36 (14,8)
Ўрта (3–4)	45 (18,5)	92 (37,9)	117 (48,1)

Паст (≤2)	192 (79,0)	131 (53,9)	90 (37,0)

Тўлиқ оптималлаштиришдан кейин ҳам паст тоифада қолган 90 комбинация мушак-апоневротик қатлам заифлиги ва/ёки кенг чурра дарвозаси билан боғлиқ: уларнинг 54 тасида (60,0%) чурра дарвозаси W3 тоифасига мансуб. Бу гуруҳ учун оптималлаштириш етарли эмас ва жарроҳлик тактикасини ўзгартириш (интраперитонеал ёки композит имплант, миофасциал релиз) талаб қилинади.

Муҳокама

ТМИ қорин деворининг барқарорлигини таъминловчи ва уни бузувчи омиллар ўртасидаги мувозанатни бир сонда ифодалайди. Мавжуд VHWG ва модификацияланган VHWG шкалаларидан фарқли равишда [8, 9], ТМИ ҚД даражасини (HbA1c орқали) ва тўқиманинг маҳаллий ҳолатини (мушак қалинлиги, апоневроз эластиклиги) бевосита ҳисобга олади. Шу билан бирга, индекс таркибидаги барча кўрсаткичлар рутин клиник текширув доирасида (КТ/УТТ, биокимёвий таҳлил, антропометрия) олинади.

Математик таҳлил шкаланинг учта муҳим хусусиятини кўрсатди. Биринчидан, шкала «ехтиёткор»: назарий комбинацияларнинг атиги 2,5% и юқори тоифага тушади, бу эса стандарт полипропилен тўр билан sublay пластикасини фақат тўқималар ҳақиқатан мустаҳкам бўлганда тавсия этиш имконини беради. Иккинчидан, базавий вариантда бешта кўрсаткичнинг таъсир кучи тенг бўлиб, бу ҳар бир омилнинг клиник аҳамияти тенг деган дастлабки фаразга мос келади. Келажакда K1–K5 коэффициентларини проспектив клиник материалда логистик регрессия ёрдамида аниқлаш (масалан, рецидив ва жарроҳлик соҳаси асоратлари бўйича оддс-нисбатлар асосида) индекснинг аниқлигини ошириши мумкин. Учинчидан, манфий қийматлар (−4…−1) паст тоифа ичида алоҳида кичик гуруҳни ажратиш имконини беради (51 комбинация, 21,0%) – бу беморларда операцияни режали тартибда кечиктириш ва комплекс тайёргарлик масаласи кўриб чиқилиши мумкин.

Оптималлаштириш сценарийлари ТМИнинг амалий қийматини кўрсатади: индекс нафақат жарроҳлик усулини танлашга, балки операциядан олдинги тайёргарлик қанчалик фойда беришини олдиндан баҳолашга ҳам имкон беради. Бу ёндашув семизлиги бор беморларда преҳабилитация самарасини кўрсатган рандомизацияланган тадқиқот [13] ва инсулин билан коррекция қилинган гипергликемияда асоратлар хавфи ошмаслигини кўрсатган когорт маълумотлари [2] билан мос келади.

Чекланганликлар. Келтирилган тақсимотлар барча комбинацияларни тенг эҳтимолли деб ҳисоблайди ва реал беморлар гуруҳидаги тақсимотдан фарқ қилиши

мумкин; коэффициентлар ҳали клиник натижалар билан калибровка қилинмаган. Шу сабабли ТМИнинг прогностик аҳамияти проспектив клиник валидацияда тасдиқланиши лозим.

Хулоса

Тўқима мустаҳкамлиги индекси бешта кўрсаткични – мушак қалинлиги, апоневроз ҳолати, HbA1c, тана вазни индекси ва чурра дарвозаси кенглигини ТМИ = (М × К1) + (А × К2) − (Г × К3) − (Т × К4) − (W × К5) формуласи асосида ягона кўрсаткичга бирлаштиради.

Базавий вариантда ТМИ − 4 дан +6 гача қиймат олади; 243 назарий комбинациянинг 79,0% паст, 18,5% ўрта ва 2,5% юқори тоифага тушади, яъни шкала юқори тоифани фақат мустаҳкам тўқима ва яхши метаболик назоратда аниқлайди.

Исталган кўрсаткичнинг энг ёмон даражаси юқори ТМИни истисно қилади ва паст ТМИ эҳтимолини 93,8% гача оширади.

HbA1c ва ТВИ тўлиқ оптималлаштирилганда паст ТМИли комбинацияларнинг 53,1% и юқорироқ тоифага ўтади, бу операциядан олдинги оптималлаштиришнинг аҳамиятини асослайди.

ТМИ коэффициентларини проспектив клиник материалда калибровка қилиш ва унинг прогностик аҳамиятини валидация қилиш тадқиқотнинг кейинги босқичи ҳисобланади.

Адабиётлар

1. Sanders D.L., Pawlak M.M., Simons M.P., et al. Midline incisional hernia guidelines: the European Hernia Society // Br J Surg. – 2023. – Vol. 110, № 12. – P. 1732–1768. doi:10.1093/bjs/znad284

2. Kwon S., Thompson R., Dellinger P., et al. Importance of perioperative glycemic control in general surgery: a report from the Surgical Care and Outcomes Assessment Program // Ann Surg. – 2013. – Vol. 257, № 1. – P. 8–14.

3. Henriksen N.A., Yadete D.H., Sorensen L.T., et al. Connective tissue alteration in abdominal wall hernia // Br J Surg. – 2011. – Vol. 98, № 2. – P. 210–219.

4. Brem H., Tomic-Canic M. Cellular and molecular basis of wound healing in diabetes // J Clin Invest. – 2007. – Vol. 117, № 5. – P. 1219–1222.

5. Goldin A., Beckman J.A., Schmidt A.M., Creager M.A. Advanced glycation end products: sparking the development of diabetic vascular injury // Circulation. – 2006. – Vol. 114, № 6. – P. 597–605.

6. Sauerland S., Korenkov M., Kleinen T., et al. Obesity is a risk factor for recurrence after incisional hernia repair // Hernia. – 2004. – Vol. 8, № 1. – P. 42–46.

7. Novitsky Y.W., Elliott H.L., Orenstein S.B., Rosen M.J. Transversus abdominis muscle release: a novel approach to posterior component separation during complex abdominal wall reconstruction // Am J Surg. – 2012. – Vol. 204, № 5. – P. 709–716.

8. Breuing K., Butler C.E., Ferzoco S., et al. Incisional ventral hernias: review of the literature and recommendations regarding the grading and technique of repair // Surgery. – 2010. – Vol. 148, № 3. – P. 544–558.

9. Kanters A.E., Krpata D.M., Blatnik J.A., et al. Modified hernia grading scale to stratify surgical site occurrence after open ventral hernia repairs // J Am Coll Surg. – 2012. – Vol. 215, № 6. – P. 787–793.

10. Sigrist R.M.S., Liau J., El Kaffas A., et al. Ultrasound elastography: review of techniques and clinical applications // Theranostics. – 2017. – Vol. 7, № 5. – P. 1303–1329.

11. Bielaczyc G., Simka M. Shear-wave elastography assessment of the linea alba mechanical properties in individuals with obesity versus normal-weight: a pilot study // Int J Abdom Wall Hernia Surg. – 2026. doi:10.4103/ijawhs.ijawhs_125_25

12. Muysoms F.E., Miserez M., Berrevoet F., et al. Classification of primary and incisional abdominal wall hernias // Hernia. – 2009. – Vol. 13, № 4. – P. 407–414.

13. Liang M.K., Bernardi K., Holihan J.L., et al. Modifying risks in ventral hernia patients with prehabilitation: a randomized controlled trial // Ann Surg. – 2018. – Vol. 268, № 4. – P. 674–680.