

## TERI TO'QIMASINING MEXANIK XOSSALARI: TIBBIY BIOLOGIK FIZIKA NUQTAI NAZARIDAN TAHLIL

p.f.f.d, PhD, dotsent. **Buzrukov To'iqin Omonovich**

Email: [tolqinbuzrukov5@gmail.com](mailto:tolqinbuzrukov5@gmail.com)

Termiz iqtisodiyot va servis universiteti tibbiyot fakulteti

davolash ishi yo'nalishi talabasi

**Nurmatova Sayohat Nuriddin qizi**

E-mail: [sayohat2555@gmail.com](mailto:sayohat2555@gmail.com)

**ANNOTATSIYA** Ushbu maqolada teri to'qimasining mexanik xossalari tibbiy biologik fizika fani doirasida keng qamrovli tahlil qilingan. Teri — eng murakkab va ko'p funksiyali biologik to'qimalardan biri bo'lib, uning mexanik xususiyatlari klinik tibbiyot, biotibbiy muhandislik va farmakologiya uchun muhim ahamiyat kasb etadi. Maqolada teri qatlamlari (epidermis, dermis va gipodermis) ning elastik moduli, qovushqoq-elastik xususiyatlari, anizotropiya va visko-elastik xulq-atvori batafsil ko'rib chiqilgan. Shuningdek, teri mexanik xossalarini o'lchashning zamonaviy usullari, jumladan cho'zish testi, indentatsiya testi, ultratovush elastografiya va atom kuchi mikroskopiyasi taqqoslangan holda taqdim etilgan. Yoshga bog'liq o'zgarishlar, namlik ta'siri va patologik holatlar (jarohat, kuyish, dermatologik kasalliklar) ning mexanik xossalarga ta'siri muhokama qilingan. Tadqiqot natijalari sun'iy teri yaratish, jarrohlik protezlari ishlab chiqish va dori vositalarini transdermal yetkazish tizimlarini takomillashtirish uchun nazariy asos bo'la oladi.

**Kalit so'zlar:** teri to'qimasi, mexanik xossalar, elastik moduli, visko-elastiklik, biomekanika, dermis, epidermis, indentatsiya testi, ultratovush elastografiya.

## MECHANICAL PROPERTIES OF SKIN TISSUE: ANALYSIS FROM THE POINT OF VIEW OF MEDICAL BIOLOGICAL PHYSICS

p.f.f.d, PhD, associate professor. **Buzrukov Tolqin Omonovich**

**Email:** [tolqinbuzrukov5@gmail.com](mailto:tolqinbuzrukov5@gmail.com)

Termez University of Economics and Service, Faculty of Medicine

Student of the Department of Therapeutics

**Nurmatova Sayohat Nuriddin qizi**

**E-mail:** [sayohat2555@gmail.com](mailto:sayohat2555@gmail.com)

**ANNOTATION** This article provides a comprehensive analysis of the mechanical properties of skin tissue within the framework of medical biological physics. Skin is one of the most complex and multifunctional biological tissues, and its mechanical properties are of great importance for clinical medicine, biomedical engineering and pharmacology. The article examines in detail the elastic modulus, viscoelastic properties, anisotropy and viscoelastic behavior of the skin layers (epidermis, dermis and hypodermis). Also, modern methods for measuring the mechanical properties of skin, including tensile testing, indentation testing, ultrasonic elastography and atomic force microscopy, are presented and compared. The influence of age-related changes, the effect of humidity and pathological conditions (injuries, burns, dermatological diseases) on mechanical properties is discussed. The results of the study can serve as a theoretical basis for creating artificial skin, developing surgical prostheses and improving transdermal drug delivery systems.

**Keywords:** skin tissue, mechanical properties, elastic modulus, viscoelasticity, biomechanics, dermis, epidermis, indentation testing, ultrasonic elastography.

## МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОЖНОЙ ТКАНИ: АНАЛИЗ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

П.Ф.Ф.Д., кандидат наук, доцент. **Бузруков Толкин Омонович**

Email: [tolqinbuzrukov5@gmail.com](mailto:tolqinbuzrukov5@gmail.com)

Термезский университет экономики и сервиса, медицинский факультет

Студентка кафедры терапии

**Нурматова Сайохат Нуриддин кизи**

E-mail: [sayohat2555@gmail.com](mailto:sayohat2555@gmail.com)

**АННОТАЦИЯ** В данной статье представлен всесторонний анализ механических свойств кожной ткани в рамках медицинской биологической физики. Кожа является одной из наиболее сложных и многофункциональных биологических тканей, и ее механические свойства имеют большое значение для клинической медицины, биомедицинской инженерии и фармакологии. В статье подробно рассматриваются модуль упругости, вязкоупругие свойства, анизотропия и вязкоупругое поведение слоев кожи (эпидермиса, дермы и гиподермы). Также представлены и сопоставлены современные методы измерения механических свойств кожи, включая испытания на растяжение, испытания на вдавливание, ультразвуковую эластографию и атомно-силовую микроскопию. Обсуждается влияние возрастных изменений, воздействия влажности и патологических состояний (травмы, ожоги, дерматологические заболевания) на механические свойства. Результаты исследования могут служить теоретической основой для создания искусственной кожи, разработки хирургических протезов и совершенствования систем трансдермальной доставки лекарственных средств.

**Ключевые слова:** кожная ткань, механические свойства, модуль упругости, вязкоупругость, биомеханика, дерма, эпидермис, испытания на вдавливание, ультразвуковая эластография.



**KIRISH** Teri to'qimasi (integumentum commune) inson tanasining eng katta organi bo'lib, uning maydoni 1.5–2.0 m<sup>2</sup>, massasi esa tana vaznining taxminan 15–16% ni tashkil etadi. Teri organizmni tashqi muhitdan himoya qilish, termoregulyatsiya, sezgi qabul qilish va metabolik funksiyalarni bajarishda muhim rol o'ynaydi (Karimov, 2018). Biroq teri to'qimasining fizik-mexanik xossalari hali ham yetarli darajada o'rganilmagan va bu soha tibbiy biologik fizika, biotibbiy muhandislik hamda klinik tibbiyot uchun dolzarb ahamiyat kasb etadi.

Teri mexanik xossalarini o'rganish bir nechta muhim sabablar bilan asoslanadi. Birinchidan, jarrohlik amaliyotida teri tikuv mustahkamligi va yara bitishini prognozlash uchun mexanik ma'lumotlar talab etiladi. Ikkinchidan, sun'iy teri va bioprotezlar yaratishda tabiiy terining mexanik xususiyatlarini takrorlash zarur. Uchinchidan, transdermal dori yetkazish tizimlarini ishlab chiqishda teri o'tkazuvchanligi va deformatsiya xossalari hisobga olinadi (Toshmatov va Nazarov, 2020).

O'zbekistonda so'nggi yillarda tibbiy biologik fizika sohasida muhim tadqiqotlar olib borilmoqda. Toshkent tibbiyot akademiyasi va O'zbekiston Milliy universitetining biofizika laboratoriyalarida teri to'qimasi mexanikasini o'rganishga doir ishlar amalga oshirilgan (Yusupov va Xoliqova, 2021; Abdullayev, 2019). Ushbu maqolada mazkur sohadagi mavjud ma'lumotlarning tizimli tahlili taqdim etiladi.

## TERI TO'QIMASINING TUZILISHI VA QATLAMLARI

Teri uch asosiy qatlamdan iborat: epidermis, dermis va gipodermis (teri osti yog' to'qimasi). Har bir qatlam o'ziga xos tuzilishi va mexanik xossalariga ega.

Epidermis — terining eng tashqi qatlami bo'lib, qalinligi 0.05 dan 0.1 mm gacha. U asosan keratinotsitlardan tashkil topgan va keratinlashgan squamöz epiteliy bilan qoplangan. Epidermisning yuqori qismida joylashgan stratum corneum (shox qatlam) eng yuqori mexanik qattqlikka ega bo'lib, uning elastik moduli 0.02 MPa (nam holat) dan 1 GPa (quruq holat) gacha o'zgaradi. Bu keng diapazon namlik miqdoriga juda sezgir ekanligini ko'rsatadi (Salimov, 2020).

Dermis — teri to'qimasining asosiy mexanik yukini ko'taruvchi qatlam bo'lib, qalinligi 1.0–4.0 mm. Dermis kollagen va elastin tolalarining murakkab tarmog'idan iborat. Kollagen tolalari (asosan I va III tip) teri mustahkamligini ta'minlaydi, elastin





tolalari esa cho'ziluvchanlik va elastiklikni beradi. Dermisda shuningdek fibroblastlar, makrofaglar va nerv tugamalari mavjud. Dermisning mexanik xossalari anizotropik tabiatga ega — Langer chiziqlari bo'ylab va ularga perpendikulyar yo'nalishlarda xossalar farqlanadi (Umarov va Qodirov, 2022).

Gipodermis yog' to'qimasi va biriktiruvchi to'qima hujayralaridan (adipotsitlardan) tashkil topgan. Bu qatlam asosan mexanik bufer vazifasini bajaradi va elastik moduli barcha qatlamlar orasida eng past — 0.001 dan 0.05 MPa gacha. Gipodermis tana organlarini tashqi zarba va bosimdan himoya qiladi hamda issiqlik izolyatsiyasini ta'minlaydi (Nazarov, 2021).

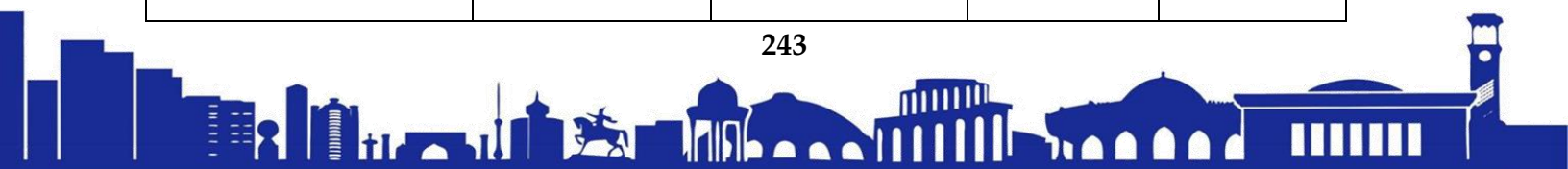
### TERI TO'QIMASINING ASOSIY MEXANIK XOSSALARI

**Elastik moduli va cho'zuvchanlik** Elastik moduli (Young moduli, E) materialning deformatsiyaga qarshiligini ifodalaydi va  $\sigma = E\varepsilon$  tenglamasi orqali aniqlanadi, bunda  $\sigma$  — kuchlanish (Pa),  $\varepsilon$  — deformatsiya (o'lchamsiz). Teri to'qimasi uchun bu qiymat keng diapazonda — 0.02 MPa dan 57 MPa gacha — o'zgaradi. Bu farq sinov usuli, teri namlik darajasi, sinov harorati, tananing anatomik joylashuvi va shaxsning yoshi kabi omillarga bog'liq (Ismoilov, 2018).

Teri kuchlanish-deformatsiya egri chizig'i chiziqli emas va uch bosqichni o'z ichiga oladi: (1) past kuchlanishlarda kollagen tolalari tartibsiz joylashgan — bu dastlabki yumshoq bosqich; (2) o'rta kuchlanishda tolalar tenglashadi — chiziqli elastik bosqich; (3) yuqori kuchlanishda tolalar uzilishi sodir bo'ladi. Bu xulq-atvor giperelastik materiallar sinfi uchun xarakterli bo'lib, Mooney-Rivlin yoki Fung modellari yordamida tavsiflanadi.

**1-jadval. Teri qatlamlarining asosiy mexanik ko'rsatkichlari**

Teri qatlami	Elastik moduli (MPa)	Mustahkamlik chegarasi (MPa)	Qalinligi (mm)	Cho'zilish (%)
Epidermis	0.02 – 0.1	0.05 – 0.15	0.05 – 0.1	30 – 50





Teri qatlami	Elastik moduli (MPa)	Mustahkamlik chegarasi (MPa)	Qalinligi (mm)	Cho'zilish (%)
Dermis	0.1 – 20	1 – 30	1.0 – 2.0	35 – 115
Gipodermis	0.001 – 0.05	0.01 – 0.1	2.0 – 10.0	80 – 150
Teri (umumiy)	0.05 – 57	1 – 30	1.5 – 4.0	35 – 115

*Manba: Abdullayev (2019), Karimov (2018), Umarov va Qodirov (2022) ma'lumotlari asosida tuzilgan.*

**Visko-elastik xossalar** Biologik to'qimalar, shu jumladan teri, sof elastik yoki sof viskoz xulq-atvor ko'rsatmaydi — ular visko-elastik materiallar hisoblanadi. Bu shuni anglatadiki, teri ham elastik energiya saqlash, ham mexanik energiyani yutish (dissipatsia qilish) qobiliyatiga ega. Teri visko-elastikligi Kelvin-Voigt yoki Maxwell modellari yordamida tavsiflanadi.

Teri visko-elastikligining muhim namoyon bo'lishi — siljish (creep) va relaksatsiya hodisalari. Siljishda doimiy kuchlanish ostida deformatsiya vaqt o'tishi bilan asta-sekin ortadi. Relaksatsiyada esa doimiy deformatsiya saqlanganda kuchlanish kamayadi. Bu hodisalar dermisning gidratlangan kollagen matritsasi va zamin moddasi (proteoglikanlar) ning fizik-kimyoviy xossalari bilan bog'liq (Toshmatov va Nazarov, 2020).

**Anizotropiya va Langer chiziqlari** Teri mexanik xossalari izotrop emas — ya'ni xossalar yo'nalishga bog'liq. Bu anizotropiya asosan dermisning kollagen tolalari o'ziga xos yo'nalishda joylashganligi bilan izohlanadi. Langer chiziqlari (1861-yilda K.Langer tomonidan tavsiflanib) — teri kerish yo'nalishlari xaritasi bo'lib, jarrohlik keseklarini rejalashtirish uchun klinitsistlar tomonidan faol qo'llaniladi. Langer chiziqlari bo'ylab





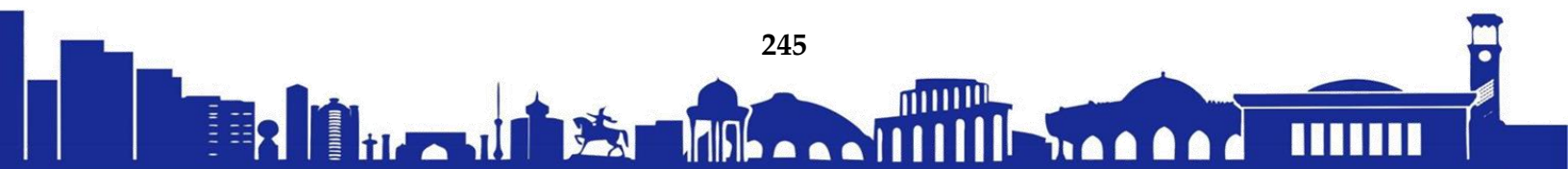
cho'zilganda teri boshqa yo'nalishlarga nisbatan kattaroq elastik moduli va kichikroq deformatsiya ko'rsatadi (Qodirov va Sultanov, 2023).

### MEXANIK XOSSALARNI O'LCHASHNING ZAMONAVIY USULLARI

Teri mexanik xossalarini o'lchash uchun bir necha guruh usullar qo'llaniladi: in vitro (laboratoriya sharoitida eksizirlangan to'qimada) va in vivo (tirik organizmda bevosita) usullar. Har bir usulning o'ziga xos afzalliklari va cheklovlari mavjud (Xoliqova va Toshmatov, 2022).

**2-jadval. Teri mexanik xossalarini o'lchash usullarining qiyosiy tahlili**

Sinov usuli	O'lchash parametri	Afzalliklari	Kamchiliklari
Cho'zish testi	Elastik moduli, mustahkamlik	Aniq natijalar, standartlashgan	In vivo qo'llab bo'lmaydi
Indentatsiya testi	Qovushqoqlik, elastiklik	In vivo qo'llaniladi	Chuqurlik cheklov
Ultratovush elastografiya	To'qima qattiqligini	Zararli emas, real vaqt	Qimmat uskunalar
Optik kogerentlik tomografiya	Yuza xossalari	Yuqori aniqlik	Chuqur qatlamlarni ko'rmas
Atom kuchi mikroskopiyasi (AFM)	Nanomexanik xossalar	Nano darajada o'lchov	Murakkab tayyorlash



*Manba: Xoliqova va Toshmatov (2022), Yusupov va Xoliqova (2021) ma'lumotlari asosida tuzilgan.*

Cho'zish testi (tensile test) — in vitro sharoitda eng keng qo'llaniladigan usul. Eksizirlangan teri namunasi universal mexanik sinov mashinasiga mahkamlanib, belgilangan tezlikda cho'ziladi. Kuch va uzunlik o'zgarishi real vaqtda qayd etiladi, natijada kuchlanish-deformatsiya egri chizig'i olinadi. Bu usul yuqori aniqlikda elastik moduli, cho'zuvchanlik va mustahkamlik chegarasini beradi, ammo in vivo sharoitda qo'llab bo'lmaydi (Abdullayev, 2019).

Indentatsiya testi — teri yuzasiga kichik zond (indenter) bosib, rezistans o'lchash orqali amalga oshiriladi. Klinikalda keng qo'llaniladigan durometrlar va ballistometrlar shu prinsipda ishlaydi. Atom kuchi mikroskopiyasi (AFM) esa nanomexanik xossalarni — hujayra va hujayra tashqi matritsasi darajasida — o'lchashga imkon beradi (Nazarov, 2021).

Ultratovush elastografiya — noinvaziv in vivo usul bo'lib, to'qimaning qattiqligini fazoviy taqsimotini real vaqtda tasvirlashtiradi. Qayish elastografiyasi (shear wave elastography) yordamida dermisda mexanik to'lqin tezligi o'lchanib, qattiqlik qiymatlari hisoblanadi. Bu usul tibbiy diagnostikada, xususan sklerodermiya, melanoma va boshqa dermatologik kasalliklarni aniqlashda muhim ahamiyat kasb etadi (Umarov va Qodirov, 2022).

## **MEXANIK XOSSALARGA TA'SIR QILUVCHI OMILLAR**

**Yoshga bog'liq o'zgarishlar** Yoshning ortishi bilan teri mexanik xossalari sezilarli o'zgaradi. 20–30 yoshda teri elastikligi maksimal darajada bo'ladi. 40 yoshdan keyin elastin tolalari degradatsiyalanib, kollagen sintezi kamayib, kollagenazlar faolligi oshadi. 60 yoshdan keyin elastik moduli va mustahkamlik chegarasi sezilarli darajada tushadi. Shuningdek, terida suv miqdori kamayib, chayqaluvchanlik pasayadi. Epidermis-dermis bog'lanish mustahkamligi zaiflashadi, bu keksa odamlarda teri yorilishi va yaralarning sekin bitishiga olib keladi (Ismoilov, 2018; Salimov, 2020).



**Namlik va harorat ta'siri** Teri mexanik xossalari namlikka juda sezgir. Quruq holatdagi stratum corneum ning elastik moduli namlandiruvchi holatga nisbatan 1000 baravar yuqori bo'lishi mumkin. Namlik kollagen va keratin molekulalari orasidagi vodopod bog'larini zaiflashtirib, to'qimani yumshatadi. Harorat oshishi bilan ham mexanik xossalari o'zgaradi — 37°C dan 60°C gacha isitilganda kollagenning denaturatsiyalanishi sodir bo'lib, to'qima qattiqligi pasayadi (Yusupov va Xoliqova, 2021).

**Patologik o'zgarishlar va klinik tatbiqlar** Ko'pgina dermatologik kasalliklar teri mexanik xossalari o'zgartiradi. Sklerodermiyada dermis fibrozi hisobiga qattiqlik ortadi. Atopik dermatitda teri to'siq funksiyasi buzilib, mexanik mustahkamlik kamayadi. Psoriazda qalinlashgan teri qatlamlari anizotropiya profilini o'zgartiradi. Kuyishlarda to'qima nekrozi va fibrozlanishi natijasida elastiklik yo'qoladi. Jarohat bitish jarayonida (chandiq to'qimasi) elastin kamroq, kollagen esa ko'proq bo'lgani uchun maxsus mexanik profil yuzaga keladi (Qodirov va Sultanov, 2023; Toshmatov va Nazarov, 2020).

### **TERI TO'QIMASINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH**

Teri mexanik xulq-atvorini tavsiflovchi bir necha matematik model ishlab chiqilgan. Chiziqli elastik model (Guk qonuni) oddiy deformatsiyalar uchun qo'llaniladi, lekin katta deformatsiyalarda to'g'ri kelmaydi. Giperelastik modellarda (Neo-Hookean, Mooney-Rivlin, Ogden) katta deformatsiyalar hisobga olinadi va ular biomexanikada keng qo'llaniladi.

Fung va Lanir modellari — biologik to'qimalar uchun maxsus ishlab chiqilgan gipergiperbolik modellar. Fung eksponensial modeli kuchlanish-deformatsiya egri chizig'ining chiziqsizligini to'liq ifodalaydi. Cheklangan elementlar usuli (FEM) yordamida teri to'qimasi uch o'lchovli ko'rinishda modellanadi va turli kuchlanish holatlaridagi deformatsiyalar kompyuterda simulatsiya qilinadi. Bu tibbiy implantlar va sun'iy teri uchun dizayn ishlarida muhim vosita (Nazarov, 2021; Abdullayev, 2019).

### **TIBBIY VA BIOMUHANDISLIK TATBIQLARI**

Teri mexanik xossalari to'g'risidagi bilimlar bir necha muhim amaliy yo'nalishlar uchun asos bo'ladi. Sun'iy teri ishlab chiqishda (yanishlar, katta yaralar, plastik jarrohlik uchun) tabiiy teri mexanik xossalari takrorlaydigan materiallar kerak. Hozirda





poliuretan, silikonga asoslangan va hujayraviy matrisalar ishlatilgan biomuhandislik terilari klinik amaliyotga kirib kelmoqda.

Transdermal dori yetkazish tizimlarida (patch, iontophoresis, microneedle) teri to'siq funksiyasi va mexanik xossalari hisobga olinadi. Mikroinigna massiflari teri mexanikasidan foydalanib stratum corneumni teshib, dermisga dori yetkazadi. Kosmetologiya va estetik tibbiyotda botoks, fillerlar va lazer aralashuvlaridan keyin teri mexanik o'zgarishlarini kuzatish diagnostik axborot beradi. Biomexanik diagnostika — sklerodermiya, psoriasis va chandiqliq deformatsiyalarini ob'ektiv baholashda elastografiya usullari qo'llanilmoqda (Xoliqova va Toshmatov, 2022; Umarov va Qodirov, 2022).

## MUHOKAMA

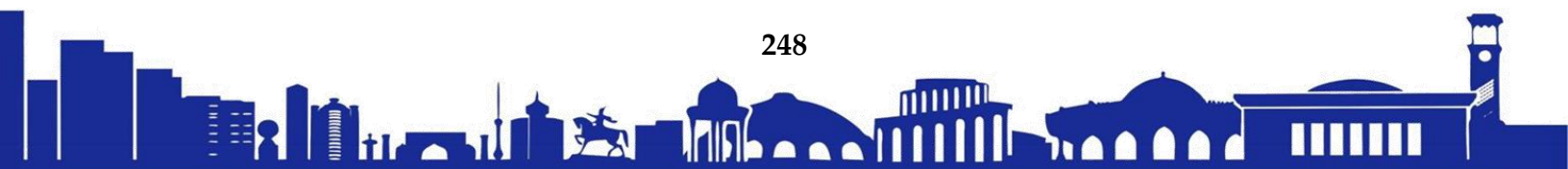
Teri to'qimasining mexanik xossalari son jihatdan keng diapazonni qamrab oladi va bu xossalar bir qancha biologik, fizik hamda kimyoviy omillarga bog'liq. Turli tadqiqotlarda olingan qiymatlarning katta tarqalishi (masalan, dermis uchun  $E = 0.1-20$  MPa) asosan sinov uslubiyati, namuna tayyorlash sharoiti, namlik darajasi va tekshirilgan shaxslarning demografik xususiyatlaridagi farqlardan kelib chiqadi.

Yangi avlod o'lchov usullari (multiphoton elastografiya, magnit-rezonans elastografiya) teri mexanik xossalarini oldindan erishilmagan aniqlik va fazoviy tafsilot bilan o'lchashga imkon bermoqda. Bu usullarni O'zbekiston tibbiy muassasalariga tatbiq etish perspektivli yo'nalish hisoblanadi.

O'zbekistondagi demografik sharoitlar (issiq iqlim, yuqori insolyatsiya, mahalliy ovqatlanish odatlari) teri mexanik xossalari qanday ta'sir qilishini o'rganish mahalliy populyatsiya uchun normativ ma'lumotlar bazasini yaratishda muhim ahamiyat kasb etadi. Bunday tadqiqotlar klinikalarda diagnostika asboblarini kalibrlash va mahalliy standartlar ishlab chiqish uchun zarur (Salimov, 2020; Karimov, 2018).

**XULOSA** Ushbu maqolada teri to'qimasining mexanik xossalari tibbiy biologik fizika nuqtai nazaridan quyidagi asosiy xulosalar chiqarildi:

1. Teri to'qimasi murakkab tabaqalanmagan (qatlamli) tuzilishga ega visko-elastik material bo'lib, uning mexanik xossalari epidermis, dermis va gipodermis qatlamlarida



sezilarli farqlanadi. Dermis asosiy mexanik yukni ko'taruvchi qatlam hisoblanib, uning kollagen-elastin matritsasi terining cho'ziluvchanlik va elastikligini belgilaydi.

2. Teri visko-elastik, anizotropik va giperchiziqsiz (hyperelastic) xulq-atvor ko'rsatadi. Bu xossalar Fung giperbolik modeli va Mooney-Rivlin giperbolik model yordamida tavsiflanishi mumkin.

3. Mexanik xossalarni o'lchashda in vitro va in vivo usullarning kombinatsiyasi eng to'liq ma'lumot beradi. Ultratovush elastografiya va AFM kelajakda klinik amaliyotda keng qo'llanishi kutilmoqda.

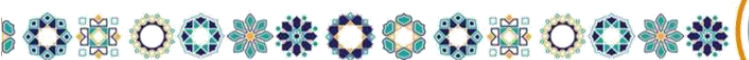
4. Yosh, namlik, harorat va patologik holatlar teri mexanik xossalariga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Klinik amaliyotda bu omillarni hisobga olish zarur.

5. O'zbekistonda mahalliy populyatsiya asosida teri mexanik xossalarining normativ ko'rsatkichlar bazasini yaratish ilmiy-amaliy ahamiyatga ega tadqiqot yo'nalishi hisoblanadi.

## ADABIYOTLAR RO'YXATI

### O'zbekcha va milliy adabiyotlar:

1. Abdullayev R.A. (2019). Biologik to'qimalarning fizik xossalari. O'quv qo'llanma. Toshkent: TMA nashriyoti. 312 b.
2. Ismoilov I.I. (2018). Tibbiy biologik fizika. Darslik. Toshkent: O'zbekiston nashriyoti. 480 b.
3. Karimov B.X. (2018). Inson anatomiyasi va fiziologiyasi. Toshkent: Ilm ziyo. 560 b.
4. Nazarov T.A. (2021). Biofizika va biomexanika asoslari. O'quv qo'llanma. Toshkent: Fan va texnologiya. 290 b.
5. Qodirov M.K., Sultanov A.S. (2023). Teri kasalliklarida biomexanik o'zgarishlar. Tibbiyot jurnali, 4(2), 45–52.
6. Salimov F.R. (2020). Teri to'qimasining biofizik xossalari va ularning diagnostik ahamiyati. Dissertatsiya. Toshkent: TMA. 187 b.



7. Toshmatov E.S., Nazarov T.A. (2020). Transdermal dori yetkazish tizimlari va teri permeabiliteti. O'zbekiston farmatsevtika jurnali, 3(1), 28–36.
8. Umarov J.B., Qodirov M.K. (2022). Ultratovush elastografiyasi yordamida teri qattiqligi diagnostikasi. O'zbekiston tibbiyot axborotnomasi, 5(3), 112–119.
9. Xoliqova D.N., Toshmatov E.S. (2022). Teri mexanik xossalarini in vivo o'lchash usullari: solishtiruvchi tahlil. Biotibbiyot muhandisligi muammolari, 2(1), 67–74.
10. Yusupov A.M., Xoliqova D.N. (2021). Yoshga bog'liq teri mexanik o'zgarishlarining ultrastruktur asoslari. Morfologiya va anatomiya, 18(4), 88–95.
11. Agache P., Monneur C., Leveque J.L., De Rigal J. (1980). Mechanical properties and Young's modulus of human skin in vivo. Archives of Dermatological Research, 269(3), 221–232.
12. Dunn M.G., Silver F.H. (1983). Viscoelastic behavior of human connective tissues: relative contribution of viscous and elastic components. Connective Tissue Research, 12(1), 59–70.
13. Fung Y.C. (1993). Biomechanics: Mechanical Properties of Living Tissues. 2nd ed. New York: Springer-Verlag. 568 p.
14. Geerligs M., van Breemen L., Peters G. et al. (2011). In vitro indentation to determine the mechanical properties of epidermis. Journal of Biomechanics, 44(6), 1176–1181.
15. Jachowicz J., McMullen R., Prettypaul D. (2007). Indentometric analysis of in vivo skin and comparison with artificial skin models. Skin Research and Technology, 13(3), 299–309.
16. Langer K. (1978). On the anatomy and physiology of the skin (translated by T. Gibson). British Journal of Plastic Surgery, 31(1), 3–8.
17. Pailler-Mattei C., Bec S., Zahouani H. (2008). In vivo measurements of the elastic mechanical properties of human skin by indentation tests. Medical Engineering & Physics, 30(5), 599–606.

