

УДК 616.5-001-611.018

Драбовський В.С., Малик С.В., Рибалка Я.В., Микитченко В.В.

ГІСТОЛОГІЧНА ОСНОВА БІОМЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ШКІРИ ПЕРЕДНЬОЇ ЧЕРЕВНОЇ СТІНКИ ПРИ ПЛАНУВАННІ АБДОМІНОПЛАСТИКИ

ВДНЗУ «Українська медична стоматологічна академія» м. Полтава

Абдомінопластика – одна з естетичних операцій, яка направлена на створення ідеальних контурів тіла, результат якої залежить від біомеханічних властивостей шкіри передньої черевної стінки. На сьогодні потребують уточнення питання взаємозв'язку ретракції та пружності шкіри між собою і гістоархітектонікою сполучнотканинних волокон та вірного планування цього оперативного втручання, що і визначило мету нашої роботи. Біомеханічні дослідження проводили на зразках шкіри 37 померлих не пізніше 24 годин після смерті, віком від 23 до 87 років. Жінок було 17, чоловіків – 20. Визначали показники максимальної прямої ретракції шкіри надпупкової та підпупкової ділянки, показники пружності, додатково проводили гістологічне дослідження зразків шкіри за допомогою світлової мікроскопії. Проаналізувавши результати дослідження, визначено, що при плануванні абдомінопластики необхідно враховувати біомеханічні властивості шкіри, що детермінуються гістоархітектонікою сполучнотканинних волокон. Біомеханічні властивості шкіри можуть змінюватись по мірі перебудови сполучнотканинних волокон під дією зовнішніх та внутрішніх факторів. Не зважаючи на обумовленість одними гістоморфологічними структурами, властивості ретракції та напруження шкіри залежать від різних характеристик сполучнотканинних волокон та не мають прямої залежності.

Ключові слова: біомеханіка, ретракція, пружність, абдомінопластика, деформація.

Дана наукова стаття є фрагментом виконання ініціативної науково-дослідної роботи кафедри хірургії №3 "Морфологічні і функціональні порушення органів та систем організму при гострій та хронічній хірургічній патології, оптимізація діагностики та лікувальної тактики, прогнозування, профілактика та лікування післяопераційних ускладнень" (№ держреєстрації 0112006302).

Вступ

Кожна людина прагне бути ідеальною, мати естетично привабливий вигляд. Для багатьох саме це виражається в досягненні ідеальних контурів тіла різних анатомічних ділянок: будь то обличчя, передня черевна стінка (ПЧС) або кінцівки. Саме на створення ідеальних контурів спрямовані естетичні операції, кількість яких в останні роки невпинно зростає. Одним з таких оперативних втручань є абдомінопластика, яка може виконуватись як етап герніопластики, так і як самостійне втручання з приводу деформацій та дефектів передньої черевної стінки [1].

Незважаючи на збільшення методів та варіантів абдомінопластики, наявність сучасного шовного матеріалу, результати на сьогодні далекі від оптимальних. Це пов'язано з багатьма факторами: достатньо великою кількістю післяопераційних ускладнень – появою сером, гематом, розвитком естетично непривабливого післяопераційного рубця, внаслідок помилки при плануванні операції, вибору невірною доступу, техніки підйому та мобілізації шкірно-жирових клаптів та інших факторів [2]. Для покращення результатів абдомінопластики треба розуміти та враховувати біомеханічні властивості шарів шкіри ПЧС, що детермінуються гістоархітектонікою сполучної тканини. [3]. Знання процесів, що відбуваються зі шкірою ПЧС під час абдомінопластики, необхідні для її ефективного планування. Відомо, що біомеханічні властивості шкіри залежать від багатьох внутрішніх і зовнішніх факторів і відрізняються навіть у межах одного організму в залежності від анатомічної ділянки. З точки зору пластичної хірургії, виділяють три основні біомеханічні властивості шкіри: скорочення, переміщення,

розтягнення [4]. З точки зору біомеханіки, основними фізичними характеристиками шкіри є: ретракція, напруження, еластичність, анізотропія та деформація. Головною причиною механічних відмінностей є гістоархітектоніка тканин - варіанти розташування колагенових волокон і пучків, характер взаємодії волокон між собою та з іншими компонентами сполучної тканини. Основним чинником, що визначає архітектоніку волокон, є сила та топографічний розподіл діючих на тканину навантажень [5,6]. Серед методів дослідження властивостей шкіри переважають механічні дослідження, які служать «функціональною біопсією», оскільки реакція шкіри детермінована її мікроструктурним складом і організацією [7].

На сьогодні потребують уточнення питання взаємозв'язку ретракції та пружності шкіри ПЧС між собою та гістоархітектонікою сполучнотканинних волокон для правильного розуміння поведінки шкіри ПЧС під час абдомінопластики та вірного планування цього оперативного втручання, що і визначило мету нашої роботи.

Мета дослідження

Дослідити властивості ретракції та пружності шкіри ПЧС, їх взаємозв'язок між собою та гістоархітектонікою сполучнотканинних волокон, можливість прогнозування при плануванні абдомінопластики.

Матеріали і методи дослідження

Дослідження проводили на зразках шкіри 37 померлих не пізніше 24 годин після смерті, віком від 23 до 87 років (52 ± 15,6 років). Жінок було 17, чоловіків - 20. Перед проведенням експерименту документували вік, стать, відзначали на-

явність рубців та інших патологічних утворень на шкірі живота, їх локалізацію і розміри. Вимірювали товщину шкірно-жирової складки в зонах над- та під пупком.

Для визначення максимально можливої ретракції шкіри передньої черевної стінки, розмічали маркером прямокутні смуги 70x15 мм, орієнтовані по довжині в краніо-каудальному напрямку в надпупковій та підпупковій ділянках, після чого розсікали шкіру скальпелем (№23) по лініях маркування на всю глибину дерми до підшкірно-жирової клітковини, усуваючи розтягуючу дію суміжних ділянок шкіри на досліджуваній клапоть. Вимірювали довжину і ширину зразків після розрізу та обчислювали площу клаптя у відсотках від початкової величини. Потім шкіру відокремлювали від гіподерми частково гострим, частково тупим шляхом, повністю усуваючи вплив навколишніх тканин, і проводили аналогічні вимірювання.

Для визначення пружності шкіри, зразки передньої черевної стінки занурювали в фізіологічний р-н (0,9% розчин хлориду натрію) та протягом години піддавали одноосному лінійному розтягненню на розривній машині МРК-1. З метою аналізу даних, отриманих в ході досліджень шкіри на розтягнення, будували графіки залежності «напруження - натяг», аналізували напруження, деформацію, модуль Юнга (модуль пружності) Точки зміни I, II і III фаз (малої, великої і термінальної деформації) визначали шляхом обчислення коефіцієнта збільшення напруження (темпу збільшення) - відносну величину (виражається в мегапаскалях - МПа), що характеризує інтенсивність зміни показника за певний проміжок часу за формулою:

$$E(i)=e(i)/e(i)-b$$

Де $E(i)$ – коефіцієнт збільшення напруги в момент часу i , с

$e(i)$ – напруження в момент i /с (МПа)

$e(i)-b$ – напруження в попередній момент часу (МПа)

За зміну фаз вважали перехід від більшого $E(i)$ до меншого з аналізом напруги деформації, модулю Юнга в момент зміни фаз та в момент досягнення максимальної деформації.

Додатково проводили гістологічне дослідженням зразків шкіри надпупкової та підпупкової ділянки за допомогою світлової мікроскопії. Зразки шкіри 1x1 см фіксували в 10% розчині формаліну протягом 48 годин. Потім після стандартної процедури підготовки - занурювали в парафінові блоки та робили зрізи завтовшки 7-8 мкм + фарбування за Ван Гізоном, Хартом з метою дослідження сполучнотканинних волокон. Аналіз матеріалу проводили при збільшенні 3.5-х – 60-х, за допомогою дослідницького мікроскопа МІН- 8.

Проводили морфометрію шарів шкіри ПЧС: епідермісу, сосочкового та сітчастого шарів дерми, Для оцінки розташування волокон в дермі та гіподермі увагу приділяли наступним морфо-

метричним показникам: щільності волокон в препараті (1 - знаходяться окремо один від одного, 2 - прилягають один до одного, 3 - утворюють конгломерат), геометричному розташуванню волокон (1 - розташовані лінійно, 2 - утворюють хвилясті структури, 3 - утворюють завитки, клубки) та характеру муаровості малюнку - структури, яку утворюють волокна сполучної тканини, формуючи правильні візерункові сплетення з тонких пучків, що виходять з одного центру, або стрічкоподібні фігури (1 - 0°-90°, 2 - 91°-180°, 3 - 181°-360°).

Статистичну обробку даних проводили за допомогою пакета прикладних програм «Statistica 6.0» for Windows. Порівняльний аналіз в групах проводили за допомогою використання непараметричних критеріїв. Різницю показників вважали статистично достовірною при $p \leq 0,05$. В якості середніх показників наведені медіани.

Результати та обговорення дослідження

В косметично-естетичній хірургії ділянку живота прийнято розділяти на верхню і нижню половину. За даними іноземних авторів такий поділ відображають терміни «верхній живіт» і «нижній живіт», межею між якими є горизонтальна лінія на рівні пупка. У цій ділянці волокна сполучної тканини поверхневої фасції найбільш щільно пов'язують дерму з глибокою фасцією, що вкриває м'язи передньої черевної стінки. У вітчизняній літературі еквівалентами понять «верхній живіт» і «нижній живіт» на сьогодні залишаються надпупкова (епігастральна) та підпупкова (гіпогастральна) ділянки, поділу на які ми і дотримувались у роботі.

Отримані дані показників деформації, напруження, модулю Юнга, термінальної деформації та термінального напруження наведені в таблиці 1.

Статистично істотної різниці показників ретракції шкірних лоскутів з надпупкової та підпупкової ділянки після нанесення розрізів виявлено не було. Але після усунення переднавантаження, відокремлення їх від підшкірно-жирової клітковини, показники скоротливості виявились вищими в підпупковій ділянці (при $p \leq 0,05$).

Середня деформація в кінці ділянки I кривої «напруження-натяг» склала 12,2% в надпупковій і 9,6% в підпупковій ділянці. Середнє напруження шкіри епігастрію, в кінці фази I склало 0,221 МПа, гіпогастрію - 0,201 МПа, модуль Юнга - 0,0188 і 0,0147 МПа, відповідно. Статистично значущої різниці досліджуваних параметрів не виявлено не було. У 18 випадках в кінці ділянки I деформація шкіри над пупком виявилася більшою, ніж шкіри під пупком, в 19 випадках - навпаки. Розподіл деформацій в кінці ділянки I за гендерними ознаками та віком виявився однако-вим в обох групах. Таким чином, не знайдено статистично значущих відмінностей пружності шкіри ділянок над пупком та під пупком, обумовлених розтягненням тільки еластичних волокон.

Таблиця 1.
Показники біомеханічних тестів шкіри ПЧС над пупковою та під пупковою ділянками.

Показники	Надпупкова ділянка, медіана (n=39)	Підпупкова ділянка, медіана (n=39)
Деформація в кінці I фази, %	12,2	9,6
Напруження в кінці I фази, МПа	0,221	0,201
Модуль Юнга в кінці I фази, МПа	0,0188	0,0147
Деформація в кінці II фази, %	28,4	22,3
Напруження в кінці II фази, МПа	1,5	1,31
Модуль Юнга в кінці II фази, МПа	0,0583	0,0511
Термінальна деформація, %	114	99
Термінальне напруження, МПа	19,2	12,8
Модуль Юнга в момент максимального напруження, МПа	0,151	0,127
Площа зразків шкіри після нанесення розрізів, %	71,3	71,5
Площа зразків шкіри після відділення підшкірно-жирової клітковини, %	66	64,3

Ділянка II кривої «напруження-деформація» відображає процес випрямлення випадково розташованих колагенових волокон, які починають впорядковуватись за напрямом дії сили. Аналізуючи цю ділянку, ми з'ясували, що середня деформація в кінці ділянки II, зразків шкіри з зони над пупком більше, ніж шкіри з підпупкової ділянки (28,4% проти 22,3%). В кінці ділянки II середнє напруження шкіри над пупком також виявилось більшим (1,5% та 1,31% відповідно). Середня термінальна деформація шкіри в епігастрії, вище деформації шкіри гіпогастральної ділянки на 15%.

Аналіз межі пружності досліджуваних зразків дозволяє нам зробити висновок, що шкіра надпупкової ділянки в середньому витримує більш високе напруження, ніж шкіра підпупкової зони.

При виконанні аналізі морфометричних показників істотних статистичних відмінностей шарів шкіри ПЧС над- та під пупкової ділянок не виявлено. Розподіл шарів підшкірно-жирової клітковини на апікальний, поверхневий та глибокий відмічений тільки при вираженій товщині підшкірно-жирової клітковини (більше 4,8 см). Проте в групі, де деформація шкіри підпупкової ділянки виявилася більше за надпупкову, середня товщина сосочкового шару шкіри гіпогастрії на 3,8% та сітчастого шару шкіри епігастрії на 5,3% більше середнього основної групи.

У зразках шкіри над- та підпупкової ділянки, що показали максимальні показники межі міцності, сполучнотканинні волокна мали вільне розташування, середню хвилястість і муаровість 180°. Більшим значенням термінальної деформації, відповідали більш компактне розташування сполучнотканинних волокон. В надпупковій зоні гірше розтягувалися зразки шкіри, в котрих волокна розташовувались в формі клубків. Модуль Юнга сягав мінімальних значень (тобто шкіра деформувалася при надаванні менших зусиль) при більш щільному розташуванні сполучнотканинних волокон. За здатністю шкіри до ретракції ми виділили 3 групи: максимальний, середній та мінімальний показник. В ділянці над пупком зв'язку з товщиною шарів шкіри не виявлено, на відміну підпупкової зони, де чим товще був сосочковий шар дерми, тим гірше скорочувалася шкіра. Також, ми не знайшли зв'язку з

щільністю сполучнотканинних волокон. Чим більше були закручені волокна сполучної тканини, тим краще скорочувалась шкіра. Була виявлена лінійна залежність скорочувальної здатності шкіри епігастрії з муаровістю сполучнотканинних волокон зразків шкіри з аналогічної ділянки. У гіпогастрії такого зв'язку не виявлено. Таким чином, статистично важливими виявлені відмінності ретракції шкіри з над- і під пупкової ділянки, що детерміновані мережею еластичних волокон. Знайдена статистично істотна різниця між групами в фазу II і III, яка повинна бути обумовлена взаємодією колагенових і еластичних волокон. Властивості деформації і міцності, з якими пов'язане розтягнення, залежать від щільності розташування сполучнотканинних волокон: чим більш щільно вони розташовані, тим мають більший потенціал розтягування, чим більш вільно розташовані волокна, тим міцніше шкіра. З ретракцією пов'язана і муаровість: чим більш закручена структура сполучнотканинних волокон, тим краще скорочується шкіра. В надпупковій ділянці, велика звивистість сполучнотканинних волокон відповідає меншій деформації та більшій ретракції зразків шкіри ПЧС.

Висновки

1. При плануванні абдомінопластики необхідно враховувати біомеханічні властивості шкіри ПЧС, що детермінуються гістоархітектонікою сполучнотканинних волокон. 2. Біомеханічні властивості шкіри ПЧС динамічні та можуть змінюватись по мірі перебудови сполучнотканинних волокон під дією зовнішніх та внутрішніх факторів. 3. Не зважаючи на обумовленість одними гістоморфологічними структурами, властивості ретракції та напруження шкіри ПЧС, залежать від різних характеристик сполучнотканинних волокон та не мають прямої залежності.

Література.

1. Lim K.H. Non-invasive prediction of skin flap shrinkage: a new concept based on animal experimental evidence / K.H. Lim // Journal of Biomechanics. – 2008. – Vol. 41, No. 8. – P. 1668–1674.
2. Теплий В.В. Хірургічна корекція косметичних дефектів тулуба із відновленням естетичних, функціональних і метаболічних параметрів : автореф. дис. на здобуття ступеня доктора мед. наук : спец. 14.01.03 «Хірургія» / В.В. Теплий. – К., 2012. – 36с.
3. Lokshin O. Viscoelasticity and preconditioning of the skin under uniaxial stretch: morphologically-based analysis / O. Lokshin, N. Liron, L. Lanir // Journal of Biomechanics. – 2006. – Vol. 39 (S1). – P. 394.

4. Лимберг А.А. Планирование местнопластических операций / Лимберг А.А. – Л.: Медгиз, 1963. – 590 с
5. Федоров А.Е. О механических свойствах кожи человека / А.Е. Федоров, В.А. Самарцев, Т.А. Кириллова // Российский журнал биомеханики. – 2006. – Т. 10, № 2. – С. 29–42.
6. Храпач В.В. Хірургічне лікування косметичних дефектів голови, тулуба, кінцівок з використанням опорних та фіксаційних систем м'яких тканин / В.В. Храпач // Хірургія України. – 2005. – № 4. – С. 20–25.
7. Bragg T.W. Patient satisfaction following abdominoplasty: an NHS experience / T.W. Bragg, R.M. Jose, S. Srivastava // J. Plast. Reconstr. Aesthet. Surg. – 2007. – Vol.60, №1. – P.75-78.
2. Teplij V.V. Hirurgichna korekcija kosmetichnih defektiv tuluba iz vidnovlennjam estetičnih, funkcional'nih i metabolichnih parametriv : avtoref. dis. na zdobuttja stupnja doktora med. nauk : spec. 14.01.03 «Hirurgija» / V.V. Teplij. – K., 2012. – 36s.
3. Lokshin O. Viscoelasticity and preconditioning of the skin under uniaxial stretch: morphologically-based analysis / O. Lokshin, N. Liron, L. Lanir // Journal of Biomechanics. – 2006. – Vol. 39 (S1). – P. 394.
4. Limberg A.A. Planirovanie mestnoplachesticheskikh operacij / Limberg A.A. – L.: Medgiz, 1963. – 590 s
5. Fedorov A.E. O mehanicheskikh svojstvah kozhi cheloveka / A.E. Fedorov, V.A. Samarcev, T.A. Kirillova // Rossijskij zhurnal biomehaniki. – 2006. – T. 10, № 2. – С. 29–42.
6. Hrapach V.V. Hirurgichne likuvannja kosmetichnih defektiv golovi, tuluba, kincivok z vikoristannjam opornih ta fiksacijnih sistem m'jakih tkanin / V.V. Hrapach // Hirurgija Ukraini. – 2005. – № 4. – С. 20–25.
7. Bragg T.W. Patient satisfaction following abdominoplasty: an NHS experience / T.W. Bragg, R.M. Jose, S. Srivastava // J. Plast. Reconstr. Aesthet. Surg. – 2007. – Vol.60, №1. – P.75-78.

References

1. Lim K.H. Non-invasive prediction of skin flap shrinkage: a new concept based on animal experimental evidence / K.H. Lim // Journal of Biomechanics. – 2008. – Vol. 41, No. 8. – P. 1668–1674.

Реферат

ГИСТОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА БИОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОЖИ ПЕРЕДНЕЙ БРЮШНОЙ СТЕНКИ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ АБДОМИНОПЛАСТИКИ

Драбовский В.С., Малик С.В., Рыбалка Я.В., Микитченко В.В.

Ключевые слова: биомеханика, ретракция, упругость, абдоминопластика, деформация.

Абдоминопластика - эстетическая операция, которая направлена на создание идеальных контуров тела, результат которой зависит от биомеханических свойств кожи передней брюшной стенки. Сегодня остаются неполностью исследованы особенности взаимосвязи ретракции и упругости кожи между собой и гистоархитектоникой волокон соединительной ткани, что и определило цель нашей работы. Биомеханические исследования проводили на образцах кожи 37 умерших не позднее 24 часов после смерти, в возрасте от 23 до 87 лет. Женщин было 17, мужчин - 20. Определяли показатели максимально возможной ретракции кожи надпупочной и подпупочной области, показатели упругости, дополнительно проводили гистологическое исследование образцов кожи с помощью световой микроскопии. Проанализировав результаты исследования, выяснено, что при планировании абдоминопластики необходимо учитывать биомеханические особенности кожи, которые детерминируются гистоархитектоникой волокон соединительной ткани. Биомеханические свойства кожи могут изменяться по мере перестройки волокон соединительной ткани под действием внешних и внутренних факторов. Несмотря на обусловленность одними гистоморфологическими структурами, свойства ретракции и упругости кожи зависят от различных характеристик волокон соединительной ткани и не имеют прямой зависимости.

Summary

HISTOLOGICAL BASIS OF BIOMECHANICAL PROPERTIES OF THE SKIN IN ANTERIOR ABDOMINAL WALL IN PLANNING ABDOMINOPLASTY

Drabovskiy V. S., Malik S.V., Rubalka Ya.V., Mykytchenko V.V.

Key words: abdominoplasty, biomechanical properties of the skin, anterior abdominal wall.

Abdominoplasty is an aesthetic surgery operation, which aims to create the perfect body contours, the result of which depends on the biomechanical properties of the skin in anterior abdominal wall. Currently, there are some related issues that are still little investigated as the relationship between retraction and elasticity of the skin, as well as between the histoarchitecture connective tissue fibers, which contributes in the surgical outcomes, that determines the goal of our work. Biomechanical studies were carried out on skin samples taken from 37 cadavers aged 23 to 87 years not later than in 24 hours after death. There were 17 female and 20 male cadavers. We assessed parameters of the maximum possible skin retraction of epigastrical and hypogastrical region, including parameters of elasticity, and additionally we performed histological study of skin samples using light microscopy. Having analyzed the results obtained we found when planning abdominoplasty it is necessary to consider the biomechanical characteristics of the skin which are determined by histoarchitecture of connective tissue fibers. The biomechanical properties of the skin may change as the restructuring of the fibers of the connective tissue due to the impact of external and internal factors. The properties of skin elasticity and retraction mainly depend on the various characteristics of the connective tissue fibers.