

DOI: <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2025.2.29>

Развіццё скурна-храстковых алатрансплантатаў на паверхні паўнаслойнага скурнага дэфекту ў пацукоў

А.Ф. Радута¹, А.Б. Астроўская², Т.А. Барадзіна¹, А.Г. Шляхтун¹, А.А. Астроўскі¹

¹Рэспубліканскае навукова-даследчае ўнітарнае прадпрыемства «Інстытут біяхіміі біялагічна актыўных злучэнняў Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі», г. Гродна, Рэспубліка Беларусь

²Установа адукацыі «Гродзенскі дзяржаўны медыцынскі ўніверсітэт», г. Гродна, Рэспубліка Беларусь

Вестник ВГМУ. – 2025. – Том 24, №2. – С. 29-38.

The development of dermal-cartilaginous autografts on the surface of a full-thickness skin defect in rats

A.F. Raduta¹, A.B. Astrowskaja², T.A. Baradzina¹, A.G. Shlyahtun¹, A.A. Astrowski¹

¹Institute of Biochemistry of Biologically Active Compounds of the National Academy of Sciences of Belarus, Grodno, Republic of Belarus

²Grodno State Medical University", Grodno, Republic of Belarus

Vestnik VGMU. 2025;24(2):29-38.

Рэзюмэ.

Мэта даследавання – вывучэнне працэсаў, якія адбываюцца на рэцэптыўным ложку (РЛ) на працягу 600 дзён з скурна-храстковымі алатрансплантатамі, вырабленымі з вушных ракавін (ВР) лабараторных пацукоў.

Матэрыял і метады. Даследаванне праведзена на пацуках-самцах пароды Wistar, у якіх на ўчастку скуры ў міжлапатавай вобласці ўнутры падшытай ахоўнай камеры стваралі паўнаслойны скурны дэфект (ПСД). У жы-вёл забіралі па адной ВР. Са скуры ўнутранай паверхні, якая ўтрымлівала храстковую тканку (ХТ), выразалі некалькі кавалкаў. Апошнія размяркоўвалі на паверхні ПСД іншых пацукоў. Праз 5-600 сутак жывёл забівалі. З рэцэптыўнага ложка (РЛ) выразалі тканкі разам з алатрансплантатамі. Для аналізу і апісання структур, прысутных на РЛ, выкарыстоўвалі гісталагічны і электронна-мікраскапічны метады.

Вынікі і заключэнне. Пасля алатрансплантацыі скурна-храстковых трансплантатаў назіралася першапачатковае прыжывленне трансплантатаў ВР на РЛ з наступным адарваннем усіх іншых тканак трансплантата, акрамя ХТ. У сваёй асноўнай масе ХТ, якая не была пашкоджана ў час вырабу трансплантата, заставалася жыццяздольнай ў прак-тычна інтактным выглядзе пад скурай і рубцовай тканкай рэцыпіента больш за 600 сутак. На ўчастках з пашкоджаным ніжнім шэрагам дыферэнцаваных клетак пласта хандрацытаў (ПХ) у інтэрвале 5–10 дзён пасля алатрансплантацыі зрэдку назіралася актывізацыя сінтэзу міжклеткавага матрыксу і адбывалася праліферацыя камбіяльных хандрацытаў. На краях алатрансплантаваных ПХ, а таксама тых участках апошніх, якія з-за кантракцыі былі змяты ці напластаваны адзін на адзін, праз 200 і больш сутак пасля алатрансплантацыі выяўляліся праявы атрафіі.

Ключавыя словы: пацукі, алатрансплантацыя, скурна-храстковыя трансплантаты, паўнаслойны скурны дэ-фект, вушная ракавіна, храстковая тканка.

Abstract.

Objectives. To investigate the processes occurring on the receptive field during 600 days with dermal-cartilaginous allografts made from the auricles of laboratory rats.

Material and methods. The study was performed on male Wistar rats in which a full-thickness skin defect was created on the skin in the interscapular region inside a plastic security fixation. One auricle was taken from each animal, from the skin of the inner surface of which (containing cartilaginous tissue) several pieces were cut. The latter were distributed on the surface of the full-thickness skin defect of other rats. After 5-600 days, the animals were killed. Tissues along with allografts were excised from the receptive field. Histological and electron microscopic techniques were used to analyze and describe the structures present on the receptive field.

Results and conclusions. After allotransplantation of skin-cartilage grafts, primary engraftment of auricular grafts on the receptive field was observed, followed by rejection of all other graft tissues except cartilage. The cartilage tissue, which was not damaged during graft fabrication, remained viable in a virtually intact state under the skin and scar tissue of the recipient for more than 600 days. In the areas with damaged lower row of differentiated cells of the chondrocytic layer, activation of intercellular matrix synthesis and proliferation of cambial chondrocytes were occasionally observed between 5-10 days after allotransplantation. At the edges of allotransplanted chondrocyte layers, as well as on those parts of the latter, which were crumpled or layered on each other due to contraction, 200 and more days after allotransplantation atrophy manifestations were revealed.

Keywords: rats, allotransplantation, skin-cartilage grafts, full-thickness skin defect, auricle, cartilage tissue.

Уводзіны

Адна з праблем, якую неабходна вырашаць пластычнай хірургіі, – неабходнасць лячэння пацыентаў з дэфектамі трахеі, носа, ВР. Часта рэканструкцыя такіх дэфектаў патрабуе наяўнасці дадатковай храстковай тканкі. Пры гэтым выкарыстанне аўталагічнай крыніцы для атрымання трансплантата ў такіх сітуацыях і на сённяшні дзень з’яўляецца “залатым стандартам”. Аднак адсюль узнікаюць праблемы абмежаванай колькасці неабходных тканак і зажыўлення донарскага месца [1, 2]. Нядаўнія дасягненні ў галіне тэхналогій выкарыстання ствалавых клетак аўтагеннага паходжання і стварэння імуналагічна інэртных для рэцыпіента каркасаў паказалі, што вытворчасць храстоў ва ўмовах *in vitro* з’яўляецца перспектыўным варыянтам [2, 3]. Праўда, навуковых даных па наступствах клінічнага выкарыстання гэтых тэхналогій пакуль існуе мала [2, 4].

Адным з варыянтаў вырашэння праблемы дэфіцыту храстка з’яўляецца выкарыстанне алагенных крыніц для яго атрымання [5]. Але даследаванняў (у тым ліку гісталагічных), накіраваных на выяўленне ўсіх ўласцівасцей ХТ ва ўмовах такой трансплантацыі, пакуль таксама недасткова. Магчыма, што тут ёсць патэнцыял для распрацоўкі новых медыцынскіх тэхналогій [2, 6]. Для адказу на дадзеныя пытанні неабходна правядзенне шырокага кола даследаванняў, заснаваных, у першую чаргу, на лабараторных мадэлях.

Раней на мадэлі перасадкі скурна-храстковых аўтатрансплантатаў, вырабленых з ВР лабараторных пацукоў і перанесеных на паверхню ПСД, намі было паказана, што такія трансплантаты цалкам прыжываюцца на новым месцы і застаюцца ў жыццяздольным стане больш за 1,5 гады. Прысутная ў іх складзе храстковая апора ВР таксама застаецца жыццяздольнай увесь гэты час [7]. Аднак даследаванні, звязаныя з вывучэннем наступстваў аналагічна выкананай алатрансплантацыі на пра-

цягу такога ж па працягласці часу, у даступнай літаратуры адсутнічаюць.

У сувязі з адзначаным, мэтай дадзенага даследавання стала вывучэнне з дапамогай гісталагічнага і электронна-мікраскапічнага метадаў працэсаў, якія адбываюцца на РЛ у інтэрвале 5-600 дзён з алатрансплантатамі, вырабленымі з ВР лабараторных пацукоў.

Матэрыял і метады

Даследаванне праведзена на 47 полава-спелых пацуках-самцах пароды Wistar масай 220–290 г. Жывёлы ўтрымліваліся ў стандартных умовах віварыя пры свабодным доступе да ежы і вады. Усе маніпуляцыі з імі – выдаленне поўсці, падшыванне ахоўнай камеры, стварэнне ПСД, узятце тканак для вырабу трансплантатаў, іх перанос на РЛ, перавязкі, забой – выконваліся пад глыбокім эфірным наркозам, што адпавядае ДАСТ 33216-2014 [8] і ТКП 125-2008 (02040) «Належная лабараторная практыка» [9].

Спачатку на ўчастку скуры міжлапаткавай вобласці ўнутры падшыйтай ахоўнай камеры шляхам выдалення паўнаслойнага скурнага лоскуту стваралі ПСД плошчай каля 1,3-1,5 см², дном якога была падскурная клятчатка [10]. На паверхню ПСД накладалі марлечкі і марлевы тампон. Камеру закрывалі крышкай. Пацукоў памяшчалі ў індывідуальныя клеткі.

Праз 1-2 сутак пасля стварэння ПСД у жывёл забіралі па адной ВР, са скуры ўнутранай паверхні якой выразалі квадратны ўчастак плошчай 1 см². Яго дзялілі яшчэ на 4 кавалкі, якія размяшчалі на паверхні ПСД іншых пацукоў [11]. Першы тыдзень пасля трансплантацыі перавязкі рабілі штодзённа, затым – праз 2-3 дні. Праз 15 дзён ахоўную камеру выдалялі, пацукоў мецілі і памяшчалі ў агульныя клеткі. Жывёл забівалі праз 5–600 сутак. З вобласці РЛ выразалі прамавугольныя кавалкі скуры памерам 6×12 мм, ары-

ентавання па сагітальнай лініі, спачатку разам з алатрансплантатамі, а пазней разам з участкамі храстковай пласцінкі, якая знаходзілася пад скурай. Тканкі фіксавалі ў распраўленым стане ў сумесі фармалін-спірт-воцатная кіслата. Пасля прамыўкі ў вадзе і абязводжвання іх залівалі ў парафін па традыцыйнай метадыцы. Атрымлівалі папярочныя гісталагічныя зрэзы таўшчынёй 4,5 мкм, накіраваныя вертыкальна адносна скуры і паралельна сагітальнай восі цела пацука. Зрэзы афарбоўвалі гематаксілінам і эзінам.

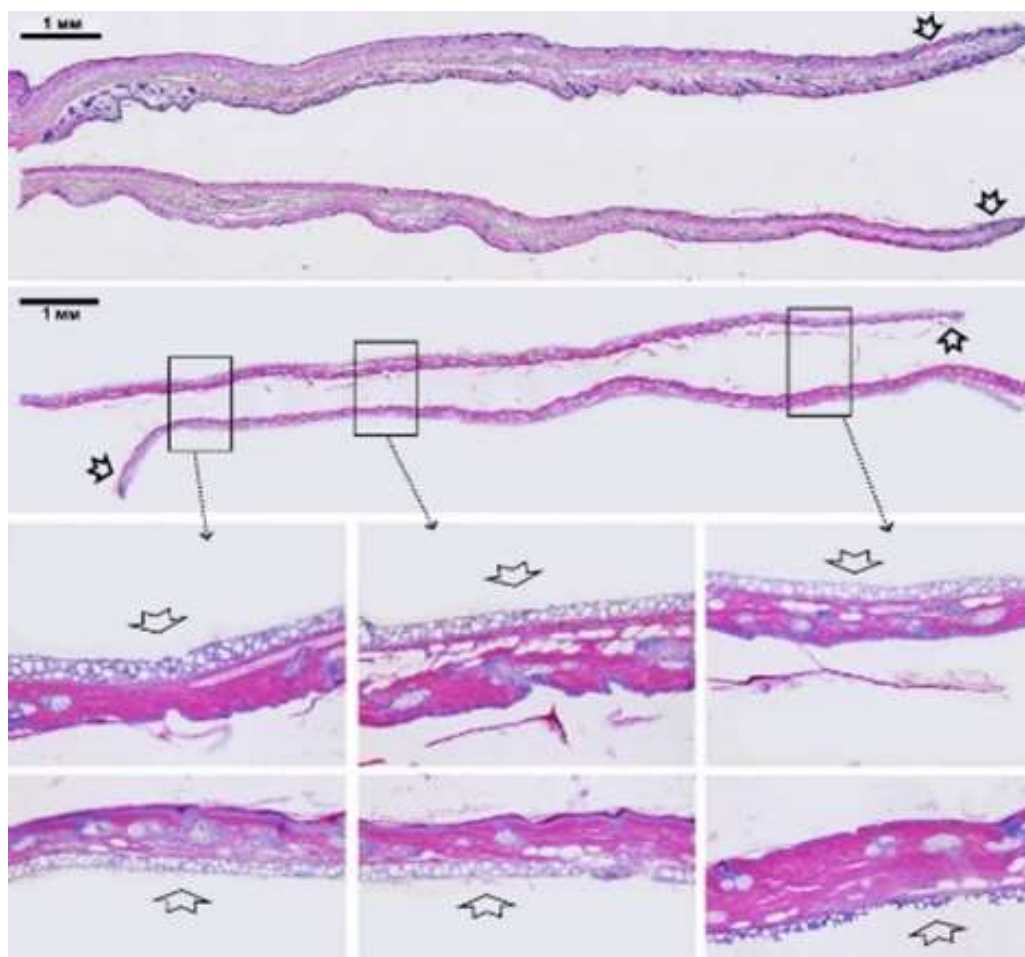
Па апісанай вышэй метадыцы для гісталагічнага даследавання аналагічна рыхтавалі ВР і вырабленыя з іх трансплантаты.

Для электронна-мікраскапічнага даследавання ў пацукоў праз 200 сутак пасля трансплантацыі

з РЛ выразалі кавалкі тканак памерам $1 \times 2 \times 2$ мм, якія фіксавалі ў 1%-м осміевым фіксатары на буферы Мілонга і залівалі ў аралдыт. Спачатку атрымлівалі паўтонкія зрэзы, на грунце афарбоўкі метыленавым сінім і аналізу якіх блокі дадаткова падразалі для атрымання ўльтратонкіх зрэзаў. Апошнія кантраставалі ўранілацэтатам і цытра-там свінца [12]. Сетачкі са зрэзамі праглядалі ў электронным мікраскопе JEM-1011.

Вынікі і абмеркаванне

Вывучэнне гісталагічных зрэзаў унутранага пласта скуры, атрыманага пасля механічнага расслаення ВР, паказала прысутнасць структур, характэрных для ўчастка скуры дадзе-



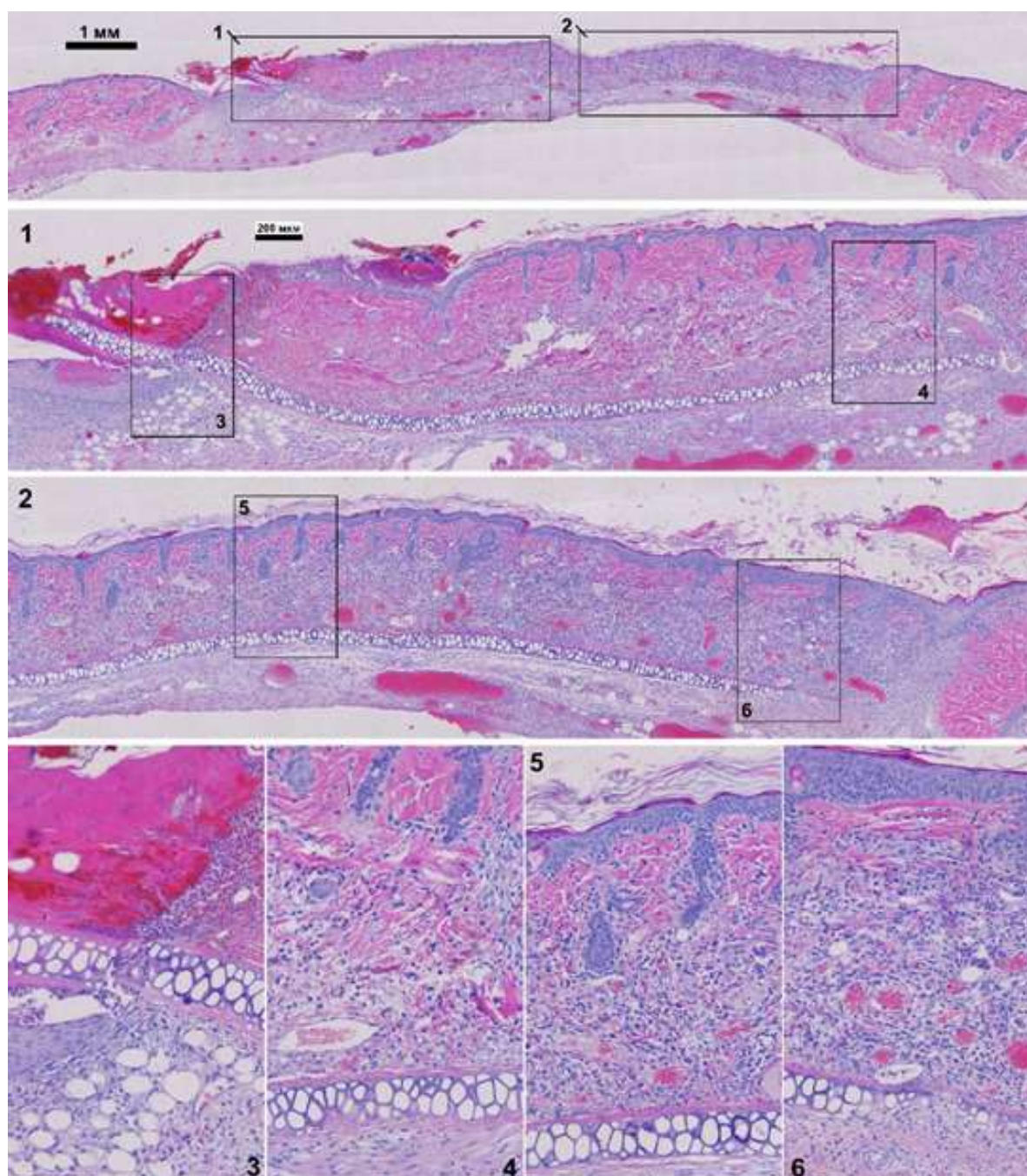
Малюнак 1 – Гісталагічныя зрэзы вушных ракавін пацукоў да і пасля механічнага расслаення. На верхнім фотаздымку паказаны зрэзы дзвюх вушных ракавін, зробленых па сагітальнай лініі (іх вянтральная паверхня знаходзіцца зверху, на яе бліжэй да кончыка вушной ракавіны паказваюць стрэлкі). На сярэднім фотаздымку – два вянтральныя пласты вушной ракавіны, якія атрымаліся пасля выдалення дарзальнага пласта скуры. На дэталях гэтых фотаздымкаў, паказаных ніжэй, бачна, што атрыманыя з вушной ракавіны трансплантаты ўтрымліваюць эпідэрміс, дэрму з вытворнымі скуры, групы адзіпацытаў пад дэрмай, а таксама пласт хондрацытаў (на яго паказваюць шырокія контурныя стрэлкі). Пры гэтым апошні ў складзе трансплантатаў можа быць больш ці менш пашкоджаным. Заўвага: аб'екты ў $\times 20$, афарбоўка гематаксілінам і эзінам

най локалізації: епідерміс, дэрма, валасяныя фалікулы, сальныя залозы, тонкая праслойка рыхлай злучальнай і ХТ. Аднак апошняя нярэдка была больш ці менш пашкоджанай (малюнак 1), што, як будзе паказана далей, мела пэўны ўплыў на асаблівасці яе прыжыўлення на РЛ.

Гісталагічнае даследаванне тканак, узятых з РЛ, паказала, што праз 5 сутак пасля перасадкі

ў складзе алатрансплантатаў, якія знаходзіліся на паверхні ПСД, прысутнічалі ў цалкам жыццяздольным стане эпідерміс, дэрма, вытворныя скуры (малюнак 2). Пры гэтым эпідерміс з трансплантата і эпідерміс з краёў інтактнай скуры былі злітыя ў адзіную, непарыўную структуру і цалкам закрывалі паверхню РЛ.

На тых участках трансплантатаў, дзе ХТ ВР

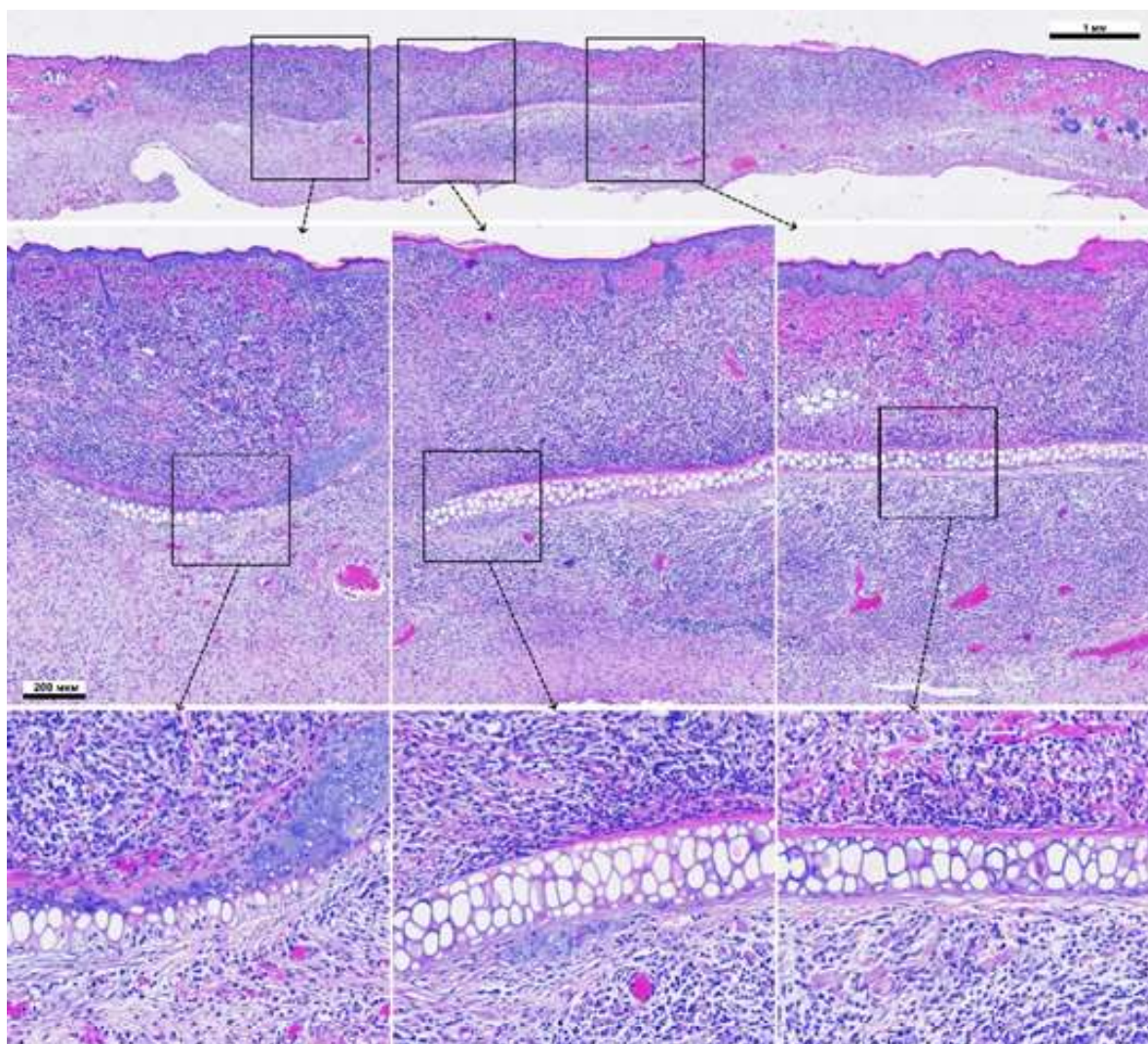


Малюнак 2 – Структуры ў вобласці рэцэптыўнага ложа праз 5 сутак пасля пераносу на яго скурна-храсковых трансплантатаў алагеннага паходжання. Алатрансплантаты жыццяздольныя, закрываюць сабой рэцэптыўнае ложа. Бачна, што пласт хандрацытаў у цэлым захаваным інтактным выгляд.

Заўвага: аб'ектыў *20, афарбоўка гематаксілінам і эзінам

была пашкоджана нязначна, пласт хандрацытаў (ПХ) выглядаў практычна аналагічна таму, як ён выглядае ў складзе інтактнай ВР. Праўда, ніжняя паверхня дадзенага пласта (былая паверхня ХТ ВР, прылеглая да скуры дарэальнай паверхні ВР) знаходзілася цяпер на паверхні грануляцыйнай тканкі (ГТ) РЛ. На тых жа ўчастках трансплантатаў, дзе ПХ у час яго вырабу быў механічна разбураны больш значна, прысутнічалі ці яго пашкоджаныя ўчасткі, ці часткі фібрознай абалонкі, якія ў складзе ВР кантактавалі з ПХ (малюнак 2). Акрамя таго, дэрма трансплантата была больш насычана лейкацытамі, чым у інтактным стане, але істотна менш, чым на больш познія суткі ў перыяд яе імуналагічнага адрывання.

Праз 10 сутак пасля трансплантацыі гісталагічная карціна стратэгічна выглядала аналагічна папярэдняй: на РЛ прысутнічалі перанесеныя на яго тканкі. Аднак, у адрозненне ад папярэдняга тэрміну даследавання, алатрансплантаты ў большасці выпадкаў былі інфільтраваны надзвычай вялікай колькасцю монануклеараў. Апошнія прысутнічалі паміж пучкамі калагенавых валокнаў у дэрме, эпідэрмісе і ў складзе вытворных скуры. Пры гэтым усе названыя структуры знаходзіліся ў стане дэструкцыі (малюнак 3). Монануклеары пранікалі таксама ў тыя ўчасткі ПХ, якія былі пашкоджаны механічна ў час вырабу алатрансплантатаў, але не пранікалі ў ХТ, якая мела выгляд інтактнай.



Малюнак 3 – Алатрансплантаты ў вобласці рэцэптыўнага ложа праз 10 сутак пасля трансплантацыі. Назіраецца абільная інфільтрацыя монануклеарамі ўсіх структур трансплантатаў, за выключэннем пласта хандрацытаў інтактнага выгляду. На некаторых участках пласта хандрацытаў прысутнічаюць прыкметы папярэдняй праліферацыі камбіяльных хандрацытаў (ніжні левы фотаздымак). Заўвага: аб'екты ў *20, афарбоўка гематаксілінам і эазінам

Дадаткова варта адзначыць, што на некаторых участках у складзе ПХ прысутнічалі кангламераты храстковых клетак, якія былі адносна невялікага памеру і без ліпідных кропель у цытаплазме (малюнак 3, ніжняе левае фота). Такія ўчасткі маглі з'явіцца толькі ў выніку папярэдняй праліферацыі камбіяльных форм хандрацытаў, якая адбывалася ў інтэрвале паміж 5 і 10 суткамі пасля алатрансплантацыі.

Праз 15 сутак пасля трансплантацыі інфільтрацыя монануклеарамі алатранспланта і РЛ пад ім у значнай частцы выпадкаў магла прысутнічаць яшчэ ў вялікай ступені. Пры гэтым эпідэрміс і вытворныя скуры трансплантата працягвалі знаходзіцца ў стане разбурэння, хаця калагенавы каркас дэрмы ўсё яшчэ захоўваўся. На паверхню дэрмы трансплантата, дзе донарскі эпідэрміс загінуў і адслаіўся, з краёў РЛ нарастаў новы эпідэрміс рэцыпіента. У выпадку, калі імуналагічнае запаленне ў канкрэтных трансплантатах пачалося раней і пачынала спадаць, эпідэрміс рэцыпіента (ён выглядаў інтактным) мог прысутнічаць ужо на большай частцы паверхні калагенавага каркасу дэрмы алатрансплантата. Над гэтым эпідэрмісам, як правіла, знаходзіўся струп, утвораны за кошт нацёкаў ранавага эксудату. На тых участках тоўшчы дэрмы алатрансплантатаў, дзе запаленне пачынала спадаць, фарміравалася таксама новая ГТ, якую ўтваралі фібрабласты рэцыпіента, якія пранікалі са дна РЛ і, магчыма, з крыві [13].

У глыбіні РЛ знаходзіліся ўчасткі ХТ ВР алагеннага паходжання, некаторыя хандацыты якой сінтэзавалі дадатковы храстковы матрыкс і дзяліліся. Пры гэтым дадзеныя ПХ былі ўжо часткова дэфармаваны сіламі, якія забяспечвалі кантракцыю раны.

Праз 30 сутак пасля трансплантацыі замест дэर्मальнай часткі алатрансплантатаў, пакрытай эпідэрмісам, на РЛ прысутнічала ці спелая ГТ, ці скура рэцыпіента (распазнавалася па прысутнасці вытворных), якая ў час трансплантацыі знаходзілася вакол РЛ, а пазней была зацягнута на паверхню трансплантаванай ХТ сіламі кантракцыі (малюнак 4). ПХ прысутнічалі ў глыбіні РЛ, і ў значнай ступені былі дэфармаванымі з-за скарачэння плошчы былога ПСД. У складзе ПХ разам з участкімі, якія адпавядалі інтактнаму стану ХТ ВР, знаходзіліся ўчасткі з праявамі дадатковай сінтэтычнай актыўнасці хандрацытаў, якая мела месца пасля трансплантацыі (з'явіўся дадатковы міжклеткавы

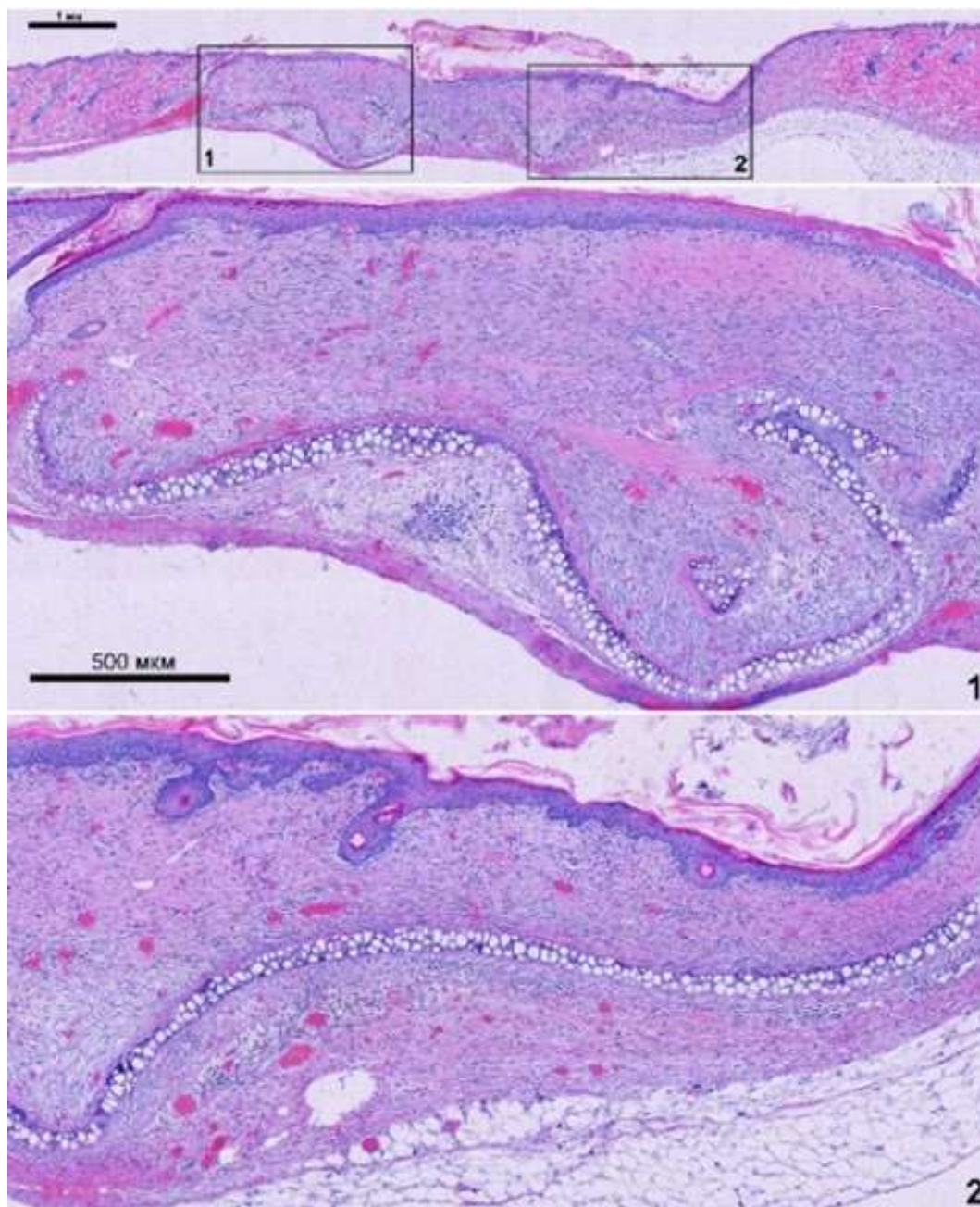
храстковы матрыкс), а таксама ўчасткі, дзе ў наяўнасці прысутнічалі масы дробных хандрацытаў – доказы іх былой праліфератыўнай актыўнасці.

Выгляд РЛ праз 100 і 200 сутак пасля трансплантацыі ў цэлым быў блізкім да стану, апісанаму праз 30 сутак пасля трансплантацыі, за выключэннем таго, што ступень сціскання ПХ была яшчэ большай. Такім чынам, можна адзначыць, што дынаміка змены структуры алатрансплантата (а дакладней, той яго часткі, якая засталася на РЛ – ПХ былой ВР) у часовым інтэрвале 30–200 сутак моцна замарудзілася. Можна сказаць пра ўступленне яго ў фазу структурна-функцыянальнай стабілізацыі, калі далейшыя змены алатрансплантаванай ХТ адбываліся вельмі павольна.

Праведзенае электронна-мікраскапічнае даследаванне 300-сутачных алатрансплантатаў дазволіла паказаць, што ў глыбіні РЛ прысутнічаў ПХ, складзены пераважна са спелых хандрацытаў з буйной цэнтральна размешчанай кропляй тлушчу, якія былі аб'яднаны разам у адзіны пласт з дапамогай калагенавых валокнаў і эластыну (малюнак 5). Аналіз будовы цытаплазмы і ядраў спелых хандрацытаў дазваляе выказаць меркаванне пра захаванасць іх жыццяздольнасці. Аднак у тоўшчы ПХ зрэдку сустракаліся месцы, дзе хандрацытаў не было. Верагодна, што гэта адзнакі таго, што некаторыя хандрацыты не перажылі трансплантацыю ці посттрансплантацыйны перыяд. Акрамя адзначанага, у алатрансплантаванай ХТ зрэдку можна было сустрэць хандрацыты, якія па сваёй лакалізацыі і памерах нагадвалі спелыя формы, але ў іх цытаплазме знаходзілася не адна, а некалькі кропель тлушчу, аддзеленых ад адной тонкімі праслойкамі цытаплазмы.

Як і ў інтактным ПХ, так і ў алатрансплантаваным, прысутнічала шмат юных хандрацытаў (малюнак 5). Для апошніх былі характэрны меншыя памеры, наяўнасць у цытаплазме адной ці некалькіх кропляў тлушчу адносна невялікага памеру, вялікая электронная шчыльнасць цытаплазмы, наяўнасць мікраварсінак на паверхні клеткі. Зрэдку можна было бачыць перамышчэнне юнага хандрацыта ў “ванну” спелага хандрацату (у інтактных ПХ такая з'ява не назіралася). У складзе ПХ таксама знаходзіліся хандрацыты, якія па сваіх рысах адпавядалі камбіяльным.

Наяўнасць у алатрансплантаваных ПХ камбіяльных і юных хандрацытаў – доказ захавання ўсёй храстковай апоры ВР у жыццяздольным



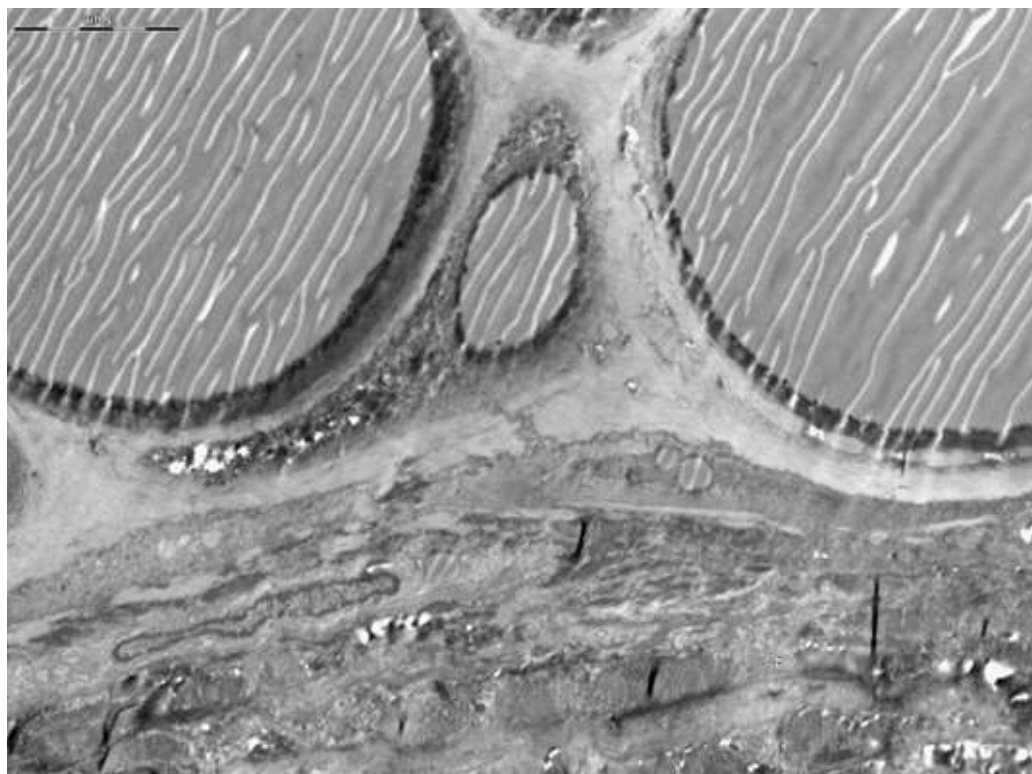
Малюнак 4 – Выгляд рэцэптыўнага ложа праз 30 сутак пасля трансплантацыі. На месцы дэर्मальнай часткі трансплантата знаходзіцца грануляцыйная тканка ці скура рэцыпіента (бачна па прысутнасці вытворных), прыцягнутая ў кірунку цэнтра раны сіламі кантракцыі. У глыбіні рэцэптыўнага ложа бачны пласты хондрацытаў, блізкія па сваёй структуры да інтактных пластоў хондрацытаў, але ў значнай ступені дэфармаваныя скарачэннем плошчы былой раны. Заўвага: аб'ектыў *20, афарбоўка гематаксілінам і эзінам

стане амаль праз год пасля алатрансплантацыі.

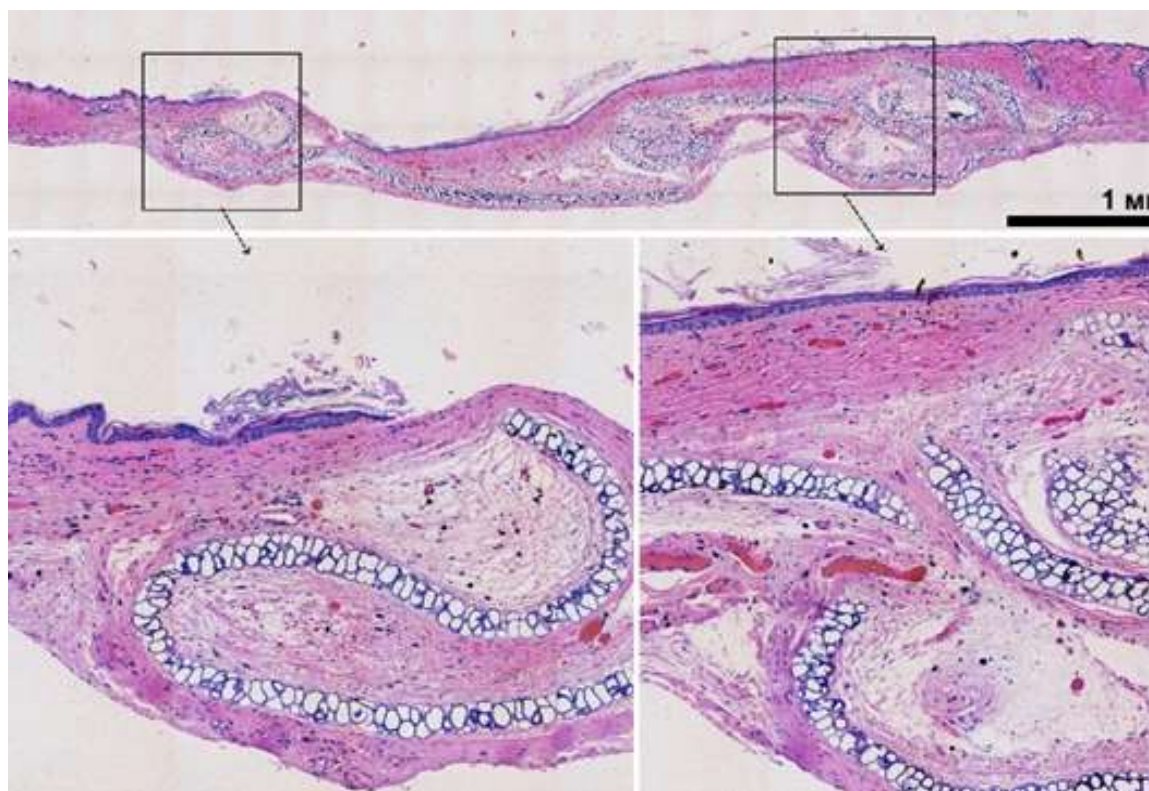
Гісталагічнае даследаванне хондрацытаў, якія засталіся на РЛ праз 400 і 600 сутак пасля аперацыі, паказала, што прынцыпова яны засталіся арганізаваны так жа, як і праз 100 і 200 сутак пасля алатрансплантацыі (малюнак 6). Гэта ў цэлым дадаткова пацвярджала выказанае вышэй меркаванне, што ПХ праз месяц пасля

пераносу на паверхню РЛ пераходзяць у морфафункцыянальна стабільны стан, у час якога, калі і прысутнічае якая-небудзь дынаміка, то вельмі марудная.

Аднак на некаторых участках ПХ, прысутных на РЛ у гэты час, сустракаліся фрагменты ХТ (асабліва там, дзе хростковая апора ВР з-за ўздзеяння сіл кантракцыі была змята, з-за чаго



Малюнак 5 – Жыццяздольны юны хандрацыт (у цэнтры) у адным пласце з жыццяздольнымі спелымі хандрацытамі (зверху). Знізу бачны структуры рубцовой тканкі – фібрацыты, праслойкі калагенавых валокнаў. Бар = 5 мкм.



Малюнак 6 – Алагенныя пласты хандрацытаў, якія знаходзяцца пад рубцовой тканкай і скурай рэцыпіента праз 600 сут. пасля трансплантацыі. Заўвага: аб'ектыў ×20, афарбоўка гематаксілінам і эазінам

знаходзілася ў некалькі пластоў), дзе хандрацыты былі ў атрафічна-дэструктыўным стане.

Такім чынам, пасля алатрансплантацыі скурна-храстковых трансплантатаў пацукоў, выкарыстаных у дадзеным даследаванні, ХТ ВР прыжывалася на РЛ, і, нягледзячы на першапачатковае прыжыўленне з наступным адрынаннем усіх іншых тканак трансплантата, у сваёй асноўнай масе заставалася жыццяздольнай пад скурай і рубцовай тканкай рэцыпіента больш за 600 сутак.

Заклучэнне

Пры выкарыстанні мадэлі пераносу скурна-храстковых алатрансплантатаў, вырабленых з ВР лабараторных пацукоў пароды Wistar, на паверхню ПСД, створанага ў жывёл у міжлапаткавай вобласці, дадзеныя трансплантаты першапачаткова паспяхова прыжываліся на новым месцы. Аднак праз 10–15 дзён праяўляліся макра- і мікраскапічныя адзнакі іх адрынання. Гісталагічна паказана, што трансплантаты ў гэты час інфільтраваліся вялікай колькасцю монануклеараў, якія разбурылі ўсе клеткавыя элементы ў іх складзе, аднак не праніклі ў тоўчшу ПХ, хандрацыты якой абаронены звонку міжклеткавым храстковым матрыксам. Калагенавы каркас дэрмы пазней замяшчаўся новаўтворанай ГТ рэцыпіента, але ХТ ВР алагенных донараў, хаця і змянялася сіламі кантракцыі, заставалася ў глыбіні РЛ больш за 600 сутак пасля трансплантацыі.

Участкі ПХ, якія не былі пашкоджаны ў час вырабу трансплантата, прыжываліся на новым месцы і на працягу 600 сутак заставаліся ў практычна інтактным выглядзе. На ўчастках, дзе мела месца пашкоджанне ніжняга шэрагу дыферэнцаваных клетак ПХ, у інтэрвале 5–10 дзён пасля алатрансплантацыі зрэдку назіралася актывізацыя сінтэзу міжклеткавага матрыксу і адбывалася праліферацыя камбіяльных хандрацытаў. На краях алатрансплантаваных ПХ, а таксама тых участках апошніх, якія з-за кантракцыі былі змяты ці напластаваны адзін на адзін, праз 200 і больш сутак пасля алатрансплантацыі можна было выявіць праявы атрафіі і дэструкцыі.

Літаратура

1. A Contemporary Review of Trachea, Nose, and Ear Cartilage Bioengineering and Additive Manufacturing / M. Feng, K. H. Ahmed, N. Punjabi, J. C. Inman // *Biomimetics* (Basel). 2024. Vol. 9, № 6. P. 327. DOI: 10.3390/biomimetics9060327
2. Development of three-dimensional printed biocompatible materials for cartilage replacement / Sh. Hashemi, A. M. Amani, M. Abbasi [et al.] // *Cartilage Tissue and Knee Joint Biomechanics. Fundamentals, Characterization and Modelling*. Elsevier, 2024. Ch. 26. P. 425–452. DOI: 10.1016/B978-0-323-90597-8.00015-3
3. Facial Cartilaginous Reconstruction-A Historical Perspective, State-of-the-Art, and Future Directions / Z. M. Jessop, A. Hague, T. D. Dobbs [et al.] // *Frontiers in surgery*. 2021 Aug. Vol. 8. Art. 680186. DOI: 10.3389/fsurg.2021.680186
4. The application and progress of stem cells in auricular cartilage regeneration: a systematic review / Y. Liu, W. Wu, C. Seunggi [et al.] // *Frontiers in cell and developmental biology*. 2023. Vol. 11. Art. 1204050. DOI: 10.3389/fcell.2023.1204050
5. Optimizing the Use of Autografts, Allografts, and Alloplastic Materials in Rhinoplasty / K. Chen, B. D. Schultz, D. Mattos, R. G. Reish // *Plastic and reconstructive surgery*. 2022 Sep. Vol. 150, № 3. P. 675e–683e. DOI:10.1097/PRS.00000000000009372
6. Ears and nose. Anatomy of the pediatric ear // *The Youth Athlete: A Practitioner's Guide to Providing Comprehensive Sports Medicine Care* / ed.: B. J. Krabak, M. A. Brooks. Academic Press, 2023. Ch. 12. P. 109–124.
7. Радута, Е. Ф. Развитие кожно-хрящевых ауто трансплантатов на поверхности полнослойного кожного дефекта у крыс / Е. Ф. Радута // *Вестник ВГМУ*. 2024. Т. 23, № 3. С. 28–36. DOI: 10.22263/2312-4156.2024.3.28
8. Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила содержания и ухода за лабораторными грызунами и кроликами : ГОСТ 33216-2014. Москва : Стандартинформ, 2019. 17 с.
9. Надлежащая лабораторная практика : ТКП 125-2008 (02040). Изд. офиц. Минск : М-во здравоохранения Респ. Беларусь, 2008. 39 с.
10. Экспериментальная модель для ацэнкі гатоўнасці ранавай паверхні да прыняцця скурных трансплантатаў / А. А. Бакунович, Ю. У. Ярашэнка, А. Ф. Радута [і інш.] // *Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия медицинских наук*. 2021. Т. 18, № 3. С. 340–350. DOI: 10.29235/1814-6023-2021-18-3-340-350
11. Асаблівасці прыжыўлення і адрывання вушных алатрансплантатаў у лабараторных пацукоў / А. А. Астроўскі, А. Ф. Радута, А. А. Бакунович [і інш.] // *Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия медицинских наук*. 2021. Т. 18, № 4. С. 422–432. DOI: .29235/1814-6023-2021-18-4-422-432
12. Reynolds, E. S. The use of lead citrate at high pH as an electron-opaque stain in electron microscopy / E. S. Reynolds // *The Journal of cell biology*. 1963 Apr. Vol. 17, № 1. С. 208–212. DOI: 10.1083/jcb.17.1.208
13. Reinhardt, J. W. Fibrocytes: A Critical Review and Practical Guide / J. W. Reinhardt, Ch. K. Breuer // *Frontiers in immunology*. 2021 Dec. Vol. 12. Art. 784401. DOI: 10.3389/fimmu.2021.784401

Поступила 17.09.2024 г.

Принята в печать 14.04.2025 г.

References

1. Feng M, Ahmed KH, Punjabi N, Inman JC. A Contemporary Review of Trachea, Nose, and Ear Cartilage Bioengineering and Additive Manufacturing. *Biomimetics* (Basel). 2024 May;9(6):327. doi: 10.3390/biomimetics9060327
2. Hashemi, Sh, A. Amani M, Abbasi M, Golchin A. Development of three-dimensional printed biocompatible materials for cartilage replacement. In: *Cartilage Tissue and Knee Joint Biomechanics. Fundamentals, Characterization and Modelling*. Elsevier; 2024. Ch 26. P. 425-452. doi: 10.1016/B978-0-323-90597-8.00015-3
3. Jessop ZM, Hague A, Dobbs TD, Stewart KJ, Whitaker IS. Facial Cartilaginous Reconstruction-A Historical Perspective, State-of-the-Art, and Future Directions. *Frontiers Surgery*. 2021 Aug;8:680186. doi: 10.3389/fsurg.2021.680186
4. Liu Y, Wu W, Seunggi C, Li Z, Huang Y, Zhou K, et al. The application and progress of stem cells in auricular cartilage regeneration: a systematic review. *Frontiers Cell Developmental Biology*. 2023;11:1204050. doi: 10.3389/fcell.2023.1204050
5. Chen K, Schultz BD, Mattos D, Reish RG. Optimizing the Use of Autografts, Allografts, and Alloplastic Materials in Rhinoplasty. *Plastic Reconstructive Surgery*. 2022 Sep;150(3):675e-683e. doi: 10.1097/PRS.00000000000009372
6. Ears and nose. Anatomy of the pediatric ear. In: Krabak BJ, Brooks MA, ed. *The Youth Athlete: A Practitioner's Guide to Providing Comprehensive Sports Medicine Care*. Academic Press; 2023. Ch 12. P. 109-124.
7. Raduta AF. The development of dermal-cartilaginous autografts on the surface of a full-thickness skin defect in rats. *Vestnik VGMU*. 2024;23(3):28-36. doi: 10.22263/2312-4156.2024.3.28
8. Guidelines for the housing and care of laboratory animals. Rules of keeping and care of laboratory rodents and rabbits: GOST 33216-2014. Moscow, RF: Standartinform; 2019. 17 p. (In Russ.)
9. Good laboratory practice: TPK 125-2008 (02040). Izd ofits. Minsk, RB: M-vo zdavookhraneniya Resp Belarus'; 2008. 39 p. (In Russ.)
10. Bakunovich AA, Yarashenka YuV, Raduta HF, Kononov EV, Buko VV, Astrowski AA. Experimental model for assessing the readiness of the wound surface to accept skin grafts. *Izvestiya Natsional'noi Akademii Nauk Belarusi Seriya Meditsinskikh Nauk*. 2021;18(3):340-350. (In Russ.). doi: 10.29235/1814-6023-2021-18-3-340-350
11. Astrowski AA, Raduta HF, Bakunovich AA, Yarashenka YuV, Shuriberko AV, Shatrova VO, i dr. Features of engraftment and rejection of ear allografts in laboratory rats. *Izvestiya Natsional'noi Akademii Nauk Belarusi Seriya Meditsinskikh Nauk*. 2021;18(4):422-432. (In Russ.). doi: 10.29235/1814-6023-2021-18-4-422-432
12. Reynolds ES. The use of lead citrate at high pH as an electron-opaque stain in electron microscopy. *The Journal Cell Biology*. 1963 Apr;17(1):208-212. doi: 10.1083/jcb.17.1.208
13. Reinhardt JW, Breuer ChK. Fibrocytes: A Critical Review and Practical Guide. *Frontiers Immunology*. 2021 Dec;12:784401. doi: 10.3389/fimmu.2021.784401

Submitted 17.09.2024

Accepted 14.04.2025

Звесткі аб аўтарax:

Радута Алена Францаўна – вучоны сакратар, Рэспубліканскае навукова-даследчае ўнітарнае прадпрыемства «Інстытут біяхіміі біялагічна актыўных злучэнняў Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі», <https://orcid.org/0000-0001-8020-1838>, e-mail: elenamaria@mail.ru;

А.Б. Астроўская – к.м.н., дацэнт кафедры мікрабіялогіі, вірусалогіі і імуналогіі ім. С.І. Гельберга, УА «Гродзенскі дзяржаўны медыцынскі ўніверсітэт», <https://orcid.org/0000-0003-3513-2014>;

Т.А. Барадзіна – навуковы супрацоўнік, Рэспубліканскае навукова-даследчае ўнітарнае прадпрыемства «Інстытут біяхіміі біялагічна актыўных злучэнняў Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі», <https://orcid.org/0009-0004-9607-7471>;

А.Г. Шляхтун – загадчык галіновай лабараторыі, Рэспубліканскае навукова-даследчае ўнітарнае прадпрыемства «Інстытут біяхіміі біялагічна актыўных злучэнняў Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі», <https://orcid.org/0000-0002-7618-9589>;

А.А. Астроўскі – д.м.н., прафесар, вядучы навуковы супрацоўнік, Рэспубліканскае навукова-даследчае ўнітарнае прадпрыемства «Інстытут біяхіміі біялагічна актыўных злучэнняў Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі», <https://orcid.org/0000-0001-8647-3922>.

Information about authors:

Alena F. Raduta – scientific secretary, Institute of Biochemistry of Biologically Active Compounds of the National Academy of Sciences of Belarus, <https://orcid.org/0000-0001-8020-1838>, e-mail: elenamaria@mail.ru;

A.B. Astrowskaja – Candidate of Medical Sciences, associate professor of the Chair of Microbiology, Virology and Immunology named after S.I. Gelberg, Grodno State Medical University, <https://orcid.org/0000-0003-3513-2014>;

T.A. Baradzina – Researcher, Institute of Biochemistry of Biologically Active Compounds of the National Academy of Sciences of Belarus, <https://orcid.org/0009-0004-9607-7471>;

A.G. Shlyahun – Head of the Sectoral Laboratory, Institute of Biochemistry of Biologically Active Compounds of the National Academy of Sciences of Belarus, <https://orcid.org/0000-0002-7618-9589>;

A.A. Astrowski – Doctor of Medical Sciences, professor, Leading Researcher, Institute of Biochemistry of Biologically Active Compounds of the National Academy of Sciences of Belarus, <https://orcid.org/0000-0001-8647-3922>.