

616.71-007.155-089.843-085:615.27

С. О. Хмизов, Є. С. Кацалап, М. Ю. Карпінський, О. Д. Карпінська

Експериментальне дослідження щільності кісткової тканини у хворих з уродженим псевдоартрозом кісток гомілки до та після операції за даними комп'ютерної томографії

ДУ «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М. І. Ситенка НАМН України»,
м. Харків

Paediatric Surgery(Ukraine).2022.3(76):59-67; doi 10.15574/PS.2022.76.59

For citation: Khmyzov SO, Katsalap YeS, Karpinsky MYu, Karpinska OD. (2022). Experimental study of bone tissue density in patients with congenital pseudarthrosis of the tibia bones before and after surgery according to computer tomography data. Paediatric Surgery (Ukraine). 3 (76): 59-67. doi: 10.15574/PS.2022.76.59.

Хірургічне лікування уродженого псевдоартрозу кісток гомілки супроводжується значним відсотком ускладнень і рефрактур. Однією з основних причин незадовільних результатів лікування є порушення якості кісткової тканини в зоні псевдоартрозу, що є перешкодою для нормального процесу зрощення кісток гомілки.

Мета – за допомогою комп'ютерної томографії (КТ) вивчити щільність кісткової тканини у хворих з уродженим псевдоартрозом великогомілкової кістки до та після операції.

Матеріали та методи. Досліджено за КТ-зображенням великогомілкової кістки трьох хворих на уроджений псевдоартроз кісток гомілки віком від 5 до 7 років. Визначено щільність в одиницях Гаунсфілда кортикального шару вище і нижче за зону незрощення кісток.

Результати. До початку лікування визначалося значне зниження ($p=0,001$) щільності кортикального шару великогомілкової кістки ушкодженої кінцівки на всій її довжині. За рік після оперативного втручання зберігалася статистично значуща різниця щільності кортикального шару великогомілкових кісток.

Оптична щільність кортикального шару ушкодженої малоомілкової кістки статистично була значуще меншою, ніж здорової ($p=0,001$). За рік після оперативного лікування методом остеосинтезу інтрамедулярним стрижнем з осьовою рухомістю щільність кортикального шару малоомілкових кісток здорової та оперованої кінцівок залишалася статистично значуще ($p=0,001$) меншою порівняно зі щільністю кісток здорової кінцівки. На неоперованій кінцівці спостерігалася значуща ($p<0,05$) підвищення оптичної щільності кісток на всіх досліджених ділянках.

Висновки. У результаті оперативного лікування уродженого псевдоартрозу кісток гомілки спостерігається статистично значуща підвищення щільності кортикального шару. Щільність кортикального шару кісток оперованої гомілки за рік після операції наближається до щільності кісток здорової кінцівки. Збільшення щільності кісток оперованої кінцівки обумовлена не тільки ростом пацієнтів, але й відбувається через можливість навантаження оперованої кінцівки.

Дослідження виконано відповідно до принципів Гельсінської декларації. Протокол дослідження ухвалено Локальним етичним комітетом зазначеної в роботі установи. На проведення досліджень отримано інформовану згоду батьків дітей.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Ключові слова: уроджений псевдоартроз, діти, кісткова тканина, щільність.

Оригінальні дослідження. Ортопедія

Experimental study of bone tissue density in patients with congenital pseudarthrosis of the tibia bones before and after surgery according to computer tomography data

S. O. Khmyzov, Ye. S. Katsalap, M. Yu. Karpinsky, O. D. Karpinska

Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of the NAMS of Ukraine, Kharkiv

Surgical treatment of congenital pseudarthrosis of the tibia bones is accompanied by a significant percentage of complications and refractations. One of the main reasons for the unsatisfactory results of treatment is the violation of the quality of bone tissue in the area of pseudoarthrosis, which is an obstacle to the normal process of fusion of the shin bones.

Purpose – use computed tomography to examine bone density in patients with congenital pseudoarthrosis of the tibia before and after surgery.

Materials and methods. CT scans of the tibia of three patients with congenital pseudoarthrosis of the tibia, aged 5 to 7 years. The density in the Hounsfield units of the cortical layer above and below the nonunion zone was determined.

Results. Prior to treatment, a significant decrease ($p=0.001$) in the density of the cortical layer of the tibia of the injured limb along its entire length was determined. One year after surgery, a statistically significant difference in the density of the cortical layer of the tibia remains.

The optical density of the cortical layer of the damaged tibia is statistically significantly less than healthy ($p=0.001$). One year after surgical treatment by osteosynthesis with an intramedullary rod with axial mobility, the difference in the density of the cortical layer of the tibia of the healthy and operated limbs remains statistically significant ($p=0.001$) less than the bone density of the healthy limb. On the unoperated limb, a significant ($p<0.05$) increase in optical density of bones was observed in all studied areas.

Conclusions. As a result of surgical treatment of congenital pseudoarthrosis of the tibia, there is a statistically significant increase in the density of the cortical layer. The density of the cortical layer of the bones of the operated shin a year after surgery is close to the density of the bones of a healthy limb. The increase in bone density of the operated limb is due not only to the growth of patients, but also occurs due to the possibility of loading the operated limb.

The research was carried out in accordance with the principles of the Helsinki Declaration. The study protocol was approved by the Local Ethics Committee of the participating institution. The informed consent of the patient was obtained for conducting the studies.

No conflict of interests was declared by the authors.

Keywords: congenital pseudoarthrosis, children, bone tissue, density.

Вступ

Лікування уродженого псевдоартрозу кісток гомілки (УПКГ) є одним із надзвичайно непростих і невирішених питань у сучасній дитячій ортопедії, враховуючи складність патології та значну кількість незадовільних результатів після лікування, як консервативного, так і хірургічного. Складність полягає в тому, що це захворювання призводить до вкорочення та деформації гомілки, колінного, гомілкового суглобу і, як наслідок, до порушення функції опори та ходьби [4,5,7,10].

Хірургічне лікування УПКГ супроводжується значним відсотком ускладнень і рефрактур [6]. Однією з основних причин незадовільних результатів лікування є порушення якості кісткової тканини в зоні псевдоартрозу, що є перешкодою для нормального процесу зрощення кісток гомілки [1,9]. На цей момент у літературі майже немає робіт, де можна було б побачити дослідження параметрів якості кісткової тканини та їхні зміни в процесі лікування пацієнтів з УПКГ. Вивчення механічних властивостей кісткової тканини хворих на УПКГ сприятиме розробленню нових ефективних методів остеосинтезу кісток гомілки і поліпшенню результатів лікування [8].

Мета дослідження – за допомогою комп'ютерної томографії (КТ) вивчити щільність кісткової ткани-

ни у хворих з УПКГ до та після операції остеосинтезу з осьовою рухомістю.

Матеріали та методи дослідження

У лабораторії біомеханіки ДУ «Інститут патології хребта та суглобів імені проф. М. І. Ситенка НАМН України» проведено рентгенометричне дослідження щільності кортикальної кісткової тканини кісток гомілки хворих на УПКГ.

Дослідження виконано за КТ-зображенням великогомілкових кісток трьох хлопчиків на УПКГ віком від 5 до 7 років. На обстеження отримано інформовану згоду батьків дітей. Усім хворим проведено оперативне лікування у вигляді фіксації фрагментів великогомілкової кістки інтрамедулярним стрижнем, що «росте», та накладання блока з кісткових алотрансплантатів у зоні псевдоартрозу на обидві кістки гомілки. Використано томограми, зроблені до оперативного втручання та за рік після операції. Визначено оптичну щільність кортикального шару (КШ) обох кісток гомілки, для чого їх умовно поділено на сім зон. П'ять зон П1-П5 розташовані в проксимальних фрагментах кісток (вище за лінію незрощення) та дві зони Д1-Д2 у дистальному фрагменті (нижче за лінію незрощення кісток). Схему зон вимірювання наведено на рис. 1.

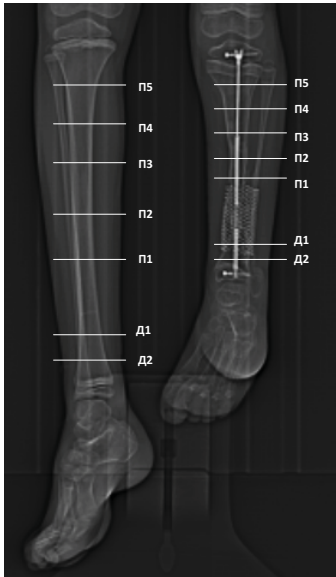


Рис. 1. Схема зон вимірювання щільності кортикальної кістки

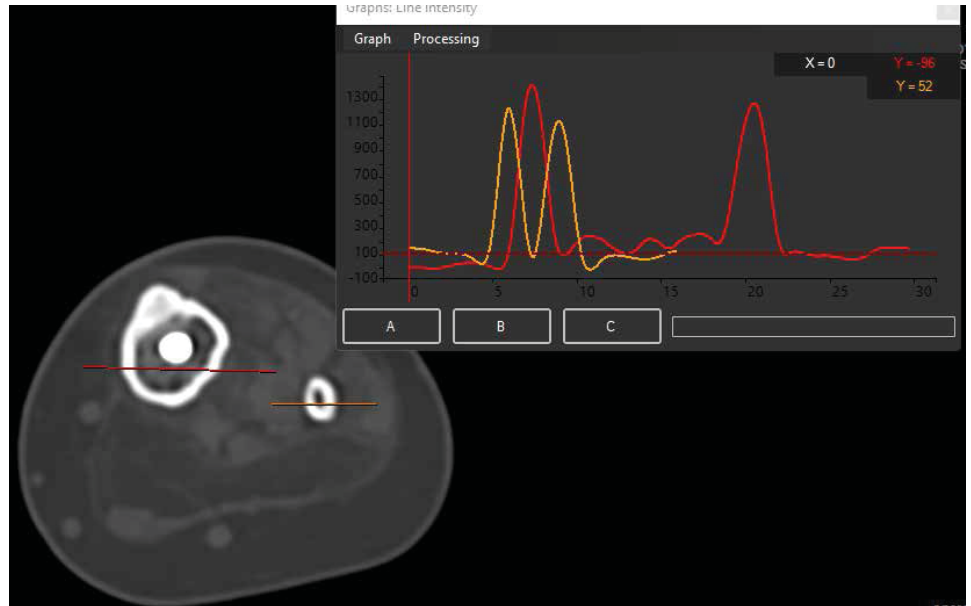


Рис. 2. Вигляд екрана процесу вимірювання щільності кісток за Гаунсфілдом

Виміряно щільність КШ великогомілкової та малогомілкової кісток в одиницях Гаунсфілда (НУ) [2]. КТ-дослідження проведено на базі відділення радіаційної онкології ДУ «Інститут медичної радіології та онкології імені С. П. Григор'єва Національної академії медичних наук України» на мультизрізовому КТ-сканері «Toshiba Aquilion 64». Вигляд екрана процесу вимірювання наведено на рис. 2.

Дослідження виконано відповідно до принципів Гельсінської декларації. Протокол дослідження ухвалено Локальним етичним комітетом зазначеної

в роботі установи. На проведення досліджень отримано інформовану згоду батьків дітей.

Дані експерименту оброблені статистично. Враховуючи однакову статтю, близький вік і незначний розкид отриманих даних використано параметричні критерії. Розраховано середнє значення (М) та його стандартне відхилення (SD), а також мінімальне й максимальне значення. Враховуючи малий обсяг вибірки, порівняння проведено за допомогою парного t-тесту. Дані проаналізовано в пакеті для статистичного аналізу «IBM Statistic SPSS 20.0» [3].

Таблиця 1

Щільність великогомілкової кістки у хворих на уроджений псевдоартроз кісток гомілки до оперативного лікування

Зона	Показник	Щільність, НУ		p
		здорова	хвора	
П5	M±SD	1308,7±10,0	639,7±10,5	p=0,001
	min÷max	1301,0÷1320,0	629,0÷650,0	
П4	M±SD	1411,7±20,2	739,7±18,9	p=0,001
	min÷max	1390,0÷1430,0	718,0÷753,0	
П3	M±SD	1388,3±16,2	995,7±15,3	p=0,001
	min÷max	1378,0÷1407,0	984,0÷1013,0	
П2	M±SD	1423,3±16,1	930,0±15,9	p=0,001
	min÷max	1405,0÷1435,0	912,0÷942,0	
П1	M±SD	1400,0±13,2	1073,3±10,4	p=0,001
	min÷max	1390,0÷1415,0	1065,0÷1085,0	
Д1	M±SD	1139,0±13,9	573,7±12,9	p=0,001
	min÷max	1130,0÷1155,0	563,0÷588,0	
Д2	M±SD	779,0±12,5	491,7±10,4	p=0,001
	min÷max	766,0÷791,0	480,0÷500,0	

Оригінальні дослідження. Ортопедія

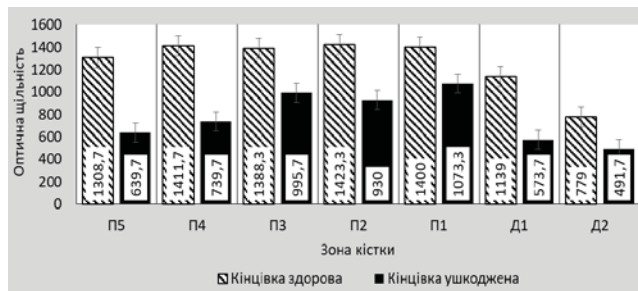


Рис. 3. Діаграма щільності великогомілкової кістки у хворих на уроджений псевдоартроз кісток гомілки до оперативного лікування

Результати дослідження та їх обговорення

У результаті дослідження отримано дані про щільність КШ здорової та ушкодженої великогомілкових кісток хворих з УПКГ до оперативного лікування. Результати статистичної обробки даних наведено в табл. 1.

Проведені дослідження показали, що до початку лікування визначалося значне зниження ($p=0,001$) щільності КШ великогомілкової кістки ушкодженої кінцівки на всій її довжині.

Наочно порівняти величини оптичної щільності КШ великогомілкових кісток хворих на УПКГ на всіх контрольних зонах можна за допомогою діаграми, наведеної на рис. 3.

На рис. 3 наочно видно, що найбільша різниця в щільності КШ здорової та ушкодженої великогомілкових кісток визначалася на їхньому прокси-

мальному кінці, так і в дистальному фрагментах (зони П5 та П4). У міру наближення до зони псевдоартрозу різниця в щільності кортикального шару зменшувалася, але не втрачала статистичної значущості ($p=0,001$).

Результати визначення оптичної щільності КШ здорової та ушкодженої великогомілкових кісток хворих з УПКГ за рік після оперативного лікування наведено в таблиці 2.

За рік після оперативного втручання спостерігалось збереження статистичної значущості різниці показників щільності КШ великогомілкових кісток здорової та оперованої кінцівок. Це засвідчили показники порівняльного аналізу за Т-тестом на рівні $p=0,001$. Винятком була дистальна частина фрагмента нижче за зону псевдоартрозу (зона Д2), де різниця щільності дещо знижувалася, але залишалася на досить високому рівні ($p=0,006$).

Для наочного порівняння величин оптичної щільності КШ здорової та ушкодженої великогомілкових кісток хворих з УПКГ за рік після оперативного лікування побудована діаграма, наведена на рис. 4.

За даними рис. 4, значне вирівнювання щільності КШ здорової та оперованої кісток спостерігалось тільки на їх дистальному кінці (зона Д2).

Наступним етапом роботи стало дослідження змін щільності КШ, що відбулися окремо в оперованій та здоровій великогомілкових кістках протягом року після операції. Результати порівняльного ана-

Таблиця 2

Щільність великогомілкової кістки у хворих на уроджений псевдоартроз кісток гомілки за рік після оперативного лікування

Зона	Показник	Щільність, НУ		p
		здорова	хвора	
П5	M±SD	1158,0±19,3	680,3±8,1	p=0,001
	min÷max	1144,0÷1180,0	673,0÷689,0	
П4	M±SD	1410,0±17,3	882,3±20,4	p=0,001
	min÷max	1390,0÷1420,0	860,0÷900,0	
П3	M±SD	1433,3±21,5	886,3±21,0	p=0,001
	min÷max	1415,0÷1457,0	870,0÷910,0	
П2	M±SD	1395,0±20,0	903,7±11,0	p=0,001
	min÷max	1375,0÷1415,0	895,0÷916,0	
П1	M±SD	1416,7±17,6	1116,7±17,6	p=0,001
	min÷max	1400,0÷1435,0	1100,0÷1135,0	
Д1	M±SD	1432,3±12,5	996,3±13,7	p=0,001
	min÷max	1420,0÷1445,0	987,0÷1012,0	
Д2	M±SD	762,3±16,4	715,0±13,2	p=0,006
	min÷max	750,0÷781,0	705,0÷730,0	

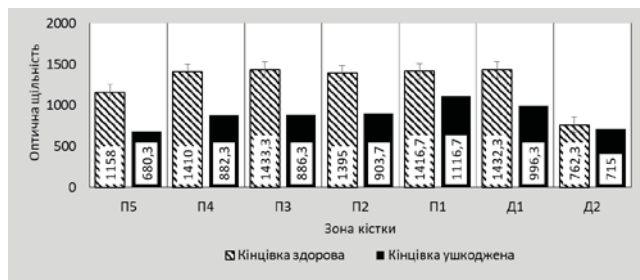


Рис. 4. Діаграма щільності великогомілкової кістки у хворих на уроджений псевдоартроз кісток гомілки після оперативного лікування

лізу за Т-тестом щільності великогомілкової кістки у хворих на УПГК до та після оперативного лікування наведено в таблиці 3.

Як показали результати порівняльного аналізу за Т-тестом, упродовж року після оперативного втручання збільшилася щільність КШ обох великогомілкових кісток досліджених пацієнтів. Збільшення щільності неоперованої великогомілкової кістки можна віднести на рахунок активного росту пацієнтів, про що свідчить відсутність статистичної значущості різниці щільності КШ на всіх проксимальних ділянках, за винятком зони P4, де зміни щільності кортикального шару не набули статистичної значущості ($p=0,742$). У дистальному відділі зміни щільності набули статистичної значущості на рівні $p=0,001$ у зоні D1, а в зоні D2 зміни не набули статистичної значущості ($p=0,316$).

Щодо оперованої кінцівки, то в неї збільшення щільності КШ набули статистичної значущості на всіх досліджених ділянках, що можна віднести

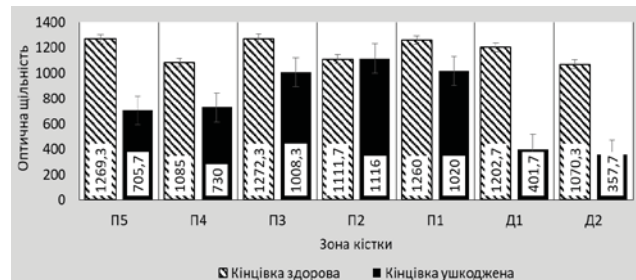


Рис. 5. Діаграма щільності малогомілкової кістки у хворих на уроджений псевдоартроз кісток гомілки до оперативного лікування

не тільки на зростання пацієнтів, але й на можливість активного навантаження оперованої кінцівки.

Результати вивчення оптичної щільності КШ малогомілкових кісток у хворих на УПГК до оперативного втручання наведено в таблиці 4.

Результати дослідження показали, що щільність КШ ушкодженої малогомілкової кістки статистично значуще, ніж здорової, на рівні $p=0,001$. Виняток становить зона P2, де статистично значущої різниці щільності КШ між здоровою та ушкодженою кінцівками не спостерігалось ($p=0,524$).

Діаграма, наведена на рис. 5, дає змогу отримати наочне уявлення про величини оптичної щільності КШ малогомілкових кісток у хворих до оперативного втручання.

На рис. 5 видно, що найбільша різниця щільності КШ між здоровою та ушкодженою малогомілковими кістками визначалася на їх дистальному кінці (зони D1 та D2). У проксимальному фрагменті різниця в щільності зменшувалася в міру наближення до зони псевдоартрозу.

Таблиця 3

Порівняльний аналіз щільності великогомілкової кістки у хворих на уроджений псевдоартроз кісток гомілки до та після оперативного лікування

Зона	Період	Кінцівка			
		хвора		здорова	
		щільність, НУ	p	щільність, НУ	p
P5	до	639,7±10,5	p=0,021	1308,7±10,0	p=0,011
	після	680,3±8,1		1158,0±19,3	
P4	до	739,7±18,9	p=0,001	1411,7±20,2	p=0,742
	після	882,3±20,4		1410,0±17,3	
P3	до	995,7±15,3	p=0,002	1388,3±16,2	p=0,012
	після	886,3±21,0		1433,3±21,5	
P2	до	930,0±15,9	p=0,041	1423,3±16,1	p=0,060
	після	903,7±11,0		1395,0±20,0	
P1	до	1073,3±10,4	p=0,023	1400,0±13,2	p=0,038
	після	1116,7±17,6		1416,7±17,6	
D1	до	573,7±12,9	p=0,001	1139,0±13,9	p=0,001
	після	996,3±13,7		1432,3±12,5	
D2	до	491,7±10,4	p=0,001	779,0±12,5	p=0,316
	після	715,0±13,2		762,3±16,4	

Оригінальні дослідження. Ортопедія

У таблиці 5 наведено дані про величини оптичної щільності КШ малогомілкової кістки у хворих на УПГК за рік після оперативного лікування.

Результати статистичного аналізу показали, що за рік після оперативного лікування різниця в щільності КШ малогомілкових кісток здорової та оперованої кінцівок залишалася статистично значущою

($p=0,001$), у тому числі й у зоні П2. Але на проксимальному кінці (зона П5) різниця трохи зменшувалася до рівня $p=0,04$.

Наочно порівняти величини оптичної щільності КШ здорової та оперованої малогомілкових кісток у хворих на УПГК за рік після оперативного лікування дає змогу діаграма, наведена на рис. 6.

Таблиця 4

Щільність малогомілкової кістки у хворих на уроджений псевдоартроз кісток гомілки до оперативного лікування

Зона	Показник	Щільність, НУ		p
		здорова	хвора	
П5	M±SD	1269,3±13,6	705,7±13,7	p=0,001
	min÷max	1261,0÷1285,0	690,0÷715,0	
П4	M±SD	1085,0±21,8	730,0±18,0	p=0,001
	min÷max	1060,0÷1100,0	710,0÷745,0	
П3	M±SD	1272,3±23,6	1008,3±16,2	p=0,001
	min÷max	1250,0÷1297,0	998,0÷1027,0	
П2	M±SD	1111,7±25,2	1116,0±18,2	p=0,524
	min÷max	1085,0÷1135,0	1095,0÷1128,0	
П1	M±SD	1260,0±18,0	1020,0±13,2	p=0,001
	min÷max	1240,0÷1275,0	1010,0÷1035,0	
Д1	M±SD	1202,7±14,2	401,7±10,4	p=0,001
	min÷max	1190,0÷1218,0	390,0÷410,0	
Д2	M±SD	1070,3±10,0	357,7±11,2	p=0,001
	min÷max	1060,0÷1080,0	348,0÷370,0	

Таблиця 5

Щільність малогомілкової кістки у хворих на уроджений псевдоартроз кісток гомілки за рік після оперативного лікування

Зона	Показник	Щільність, НУ		p
		здорова	хвора	
П5	M±SD	866,7±14,6	711,0±14,0	p=0,004
	min÷max	850,0÷877,0	701,0÷727,0	
П4	M±SD	1251,7±18,9	849,3±11,0	p=0,001
	min÷max	1230,0÷1265,0	837,0÷858,0	
П3	M±SD	1264,0±21,3	824,0±16,4	p=0,001
	min÷max	1245,0÷1287,0	810,0÷842,0	
П2	M±SD	1248,3±20,8	880,7±17,0	p=0,001
	min÷max	1225,0÷1265,0	861,0÷891,0	
П1	M±SD	1363,3±22,5	949,3±19,5	p=0,001
	min÷max	1340,0÷1385,0	930,0÷969,0	
Д1	M±SD	1375,0±22,9	1126,7±16,1	p=0,002
	min÷max	1350,0÷1395,0	1115,0÷1145,0	
Д2	M±SD	1035,0±13,2	1143,3±12,6	p=0,001
	min÷max	1020,0÷1045,0	1130,0÷1155,0	

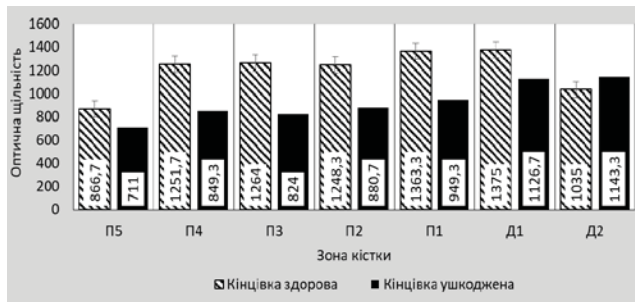


Рис. 6. Діаграма щільності малоюомілкової кістки у хворих на уроджений псевдоартроз кісток гомілки після оперативного лікування

На рис. 6 видно, що за рік після оперативного втручання на проксимальному (зона П) та на дистальному (зони Д1 та Д2) кінцях спостерігалось наближення щільності КШ здорової та ушкодженої малоюомілкових кісток.

Для визначення рівня значущості відмінностей щільності КШ малоюомілкової кістки в процесі лікування проводився порівняльний аналіз за Т-тестом цих показників до та після оперативного лікування. Результати статистичного аналізу наведено в таблиці 6.

Порівняльний статистичний аналіз показав, що щільність КШ малоюомілкових кісток обох кінцівок мала тенденцію до зростання. На неоперованій кінцівці підвищення оптичної щільності КШ малоюомілкової кістки набуло статистичної значущості (на рівні $p < 0,05$) на всіх досліджених ділянках. На оперованій кінцівці на всіх досліджених ділянках підвищення оптичної щільності КШ малоюомілкової

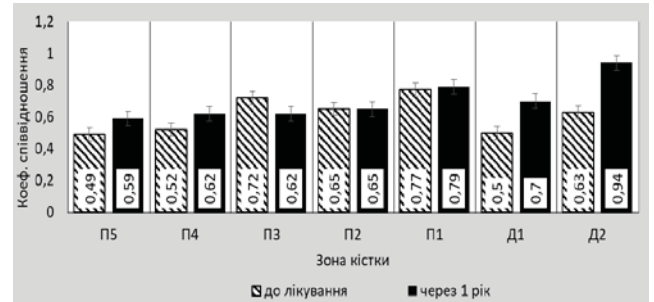


Рис. 7. Діаграма співвідношень щільності ушкодженої/здорової великоюомілкової кістки у хворих на уроджений псевдоартроз кісток гомілки до та після оперативного лікування

кістки визначалося статистично значущим на рівні $p=0,001$, за винятком зони П1, де рівень значущості визначався на рівні $p=0,563$.

На останньому етапі дослідження проводився порівняльний аналіз співвідношень показників щільності КШ кісток гомілки між хворою та здоровою кінцівками до та після оперативного лікування. Цей тест мав показати, на скільки показники щільності оперованої кінцівки наблизилися до показників здорової кістки. В ідеальному випадку цей коефіцієнт співвідношення дорівнює 1. Результати порівняльного аналізу для великоюомілкової кістки наведено в таблиці 7.

Результати аналізу показали, на всіх досліджених ділянках визначалося підвищення коефіцієнта співвідношення щільності КШ великоюомілкових кісток оперованої та здорової кінцівок. Практично на всіх досліджених ділянках зміни набули статистичної значущості на рівні $p < 0,05$. Виняток становила зона

Таблиця 6

Порівняльний аналіз щільності малоюомілкової кістки у хворих на уроджений псевдоартроз кісток гомілки до та після оперативного лікування

Зона	Період	Кінцівка			
		хвора		здорова	
		щільність, НУ	p	щільність, НУ	p
П5	до	705,7±13,7	p=0,563	1269,3±13,6	p=0,001
	після	711,0±14,0		866,7±14,6	
П4	до	730,0±18,0	p=0,001	1085,0±21,8	p=0,001
	після	849,3±11,0		1251,7±18,9	
П3	до	1008,3±16,2	p=0,001	1272,3±23,6	p=0,038
	після	824,0±16,4		1264,0±21,3	
П2	до	1116,0±18,2	p=0,001	1111,7±25,2	p=0,001
	після	880,7±17,0		1248,3±20,8	
П1	до	1020,0±13,2	p=0,004	1260,0±18,0	p=0,001
	після	949,3±19,5		1363,3±22,5	
Д1	до	401,7±10,4	p=0,001	1202,7±14,2	p=0,001
	після	1126,7±16,1		1375,0±22,9	
Д2	до	357,7±11,2	p=0,001	1070,3±10,0	p=0,005
	після	1143,3±12,6		1035,0±13,2	

Оригінальні дослідження. Ортопедія

Таблиця 7

Порівняльний аналіз співвідношень щільності ушкодженої/здорова великогомілкової кістки у хворих на уроджений псевдоартроз кісток гомілки до та після оперативного лікування

Зона	Співвідношення щільності кісток хвора/здорова (M±SD)		p
	до	після	
П5	0,49±0,01	0,59±0,00	p=0,004
П4	0,52±0,01	0,62±0,02	p=0,002
П3	0,72±0,00	0,62±0,01	p=0,001
П2	0,65±0,00	0,65±0,01	p=0,487
П1	0,77±0,00	0,79±0,00	p=0,017
Д1	0,50±0,01	0,70±0,00	p=0,001
Д2	0,63±0,01	0,94±0,01	p=0,001

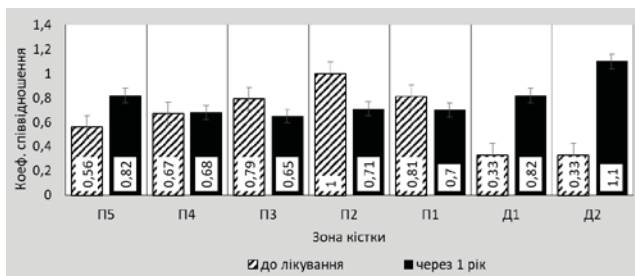


Рис. 8. Діаграма співвідношень щільності ушкодженої/здорова малогомілкової кістки у хворих на уроджений псевдоартроз кісток гомілки до та після оперативного лікування

П2, у якій цей коефіцієнт практично не змінився ($p=0,487$) і становив $(0,65\pm0,00)$ та $(0,65\pm0,01)$ до та після операції відповідно.

Наочне уявлення про зміни співвідношення показників оптичної щільності КШ великогомілкових кісток здорової та оперованої кінцівок у процесі лікування дає діаграма, наведена на рис. 7.

На рис. 7 видно, що найбільші зміни щільності КШ великогомілкових кісток відбулися на їх дистальному кінці, зокрема у зоні Д2, найменші – на проксимальному фрагменті в ділянках, наближених до зони псевдоартрозу (зони П2 та П1).

Результати порівняльного аналізу співвідношення показників оптичної щільності КШ малогомілкових кісток здорової та оперованої кінцівок у процесі лікування наведено в таблиці 8.

Як видно, співвідношення щільності здорової та оперованої малогомілкових кісток зростало активніше, ніж великогомілкових, що засвідчили показники статистичної значності відмінностей цього показника до та після оперативного лікування, які не досягали позначки $p=0,001$, практично на всіх досліджених ділянках. Виняток становили зони П4, де зміни не набули статистичної значущості ($p=0,283$)

Таблиця 8

Порівняльний аналіз співвідношень щільності ушкодженої/здорова малогомілкової кістки у хворих на уроджений псевдоартроз кісток гомілки до та після оперативного лікування

Зона	Співвідношення щільності кісток хвора/здорова (M±SD)		
	до	після	p
П5	0,56±0,01	0,82±0,02	p=0,001
П4	0,67±0,01	0,68±0,00	p=0,283
П3	0,79±0,01	0,65±0,00	p=0,001
П2	1,00±0,01	0,71±0,00	p=0,001
П1	0,81±0,01	0,70±0,00	p=0,001
Д1	0,33±0,01	0,82±0,01	p=0,001
Д2	0,33±0,01	1,10±0,00	p=0,001

та Д2, де щільність КШ оперованої малогомілкової кістки був статистично значущо на рівні $p=0,001$ аналогічного показника для здорової кінцівки.

Діаграма, наведена на рис. 8, надає наочне уявлення про зміни у співвідношенні показників оптичної щільності КШ малогомілкових кісток здорової та оперованої кінцівок у процесі лікування.

На рис. 8 показано, що найбільші зміни у співвідношенні щільності КШ здорової та оперованої малогомілкових кісток відбулися на їх дистальному кінці (зони Д1 та Д2). У зонах П1-П3 відмічалось погіршення цього співвідношення.

Висновки

У результаті оперативного лікування УПКГ запропонованим нами методом спостерігається підвищення щільності КШ обох кісток гомілки на статистично значущому рівні, що можна пояснити активним ростом пацієнтів.

Оптична щільність КШ кісток оперованої гомілки за рік після операції наближається статистично значущо до цього показника кісток здорової кінцівки. Цей факт дає змогу стверджувати, що збільшення щільності кісток оперованої кінцівки обумовлена не тільки ростом пацієнтів, але й відбувається за рахунок можливості навантаження оперованої кінцівки.

Конфлікт інтересів. Автори рукопису свідомо засвідчують відсутність фактичного або потенційного конфлікту інтересів щодо результатів цієї роботи з фармацевтичними компаніями, виробниками біомедичних пристроїв, іншими організаціями, чий продукт, послуги, фінансова підтримка можуть бути пов'язані з предметом наданих матеріалів або які спонсорували проведені дослідження.

Інформація про фінансування. Фінансування видатками Державного бюджету України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами

Стаття є фрагментом планової науково-дослідної роботи Державної установи «Інститут патології хребта та суглобів ім. проф. М. І. Ситенка Національної академії медичних наук України» «Розробити комплексний підхід до лікування уродженого псевдоартрозу кісток гомілки у дітей» (номер державної реєстрації: 0119U102343, шифр теми ЦФ.2020.3.НАМНУ, прикладна, термін виконання: 2020–2022 рр., керівник теми – проф. С. О. Хмизов).

References/Література

1. Agrawal U, Tiwari V. (2022). Congenital Tibial Pseudarthrosis. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing.
2. Aydin Ozturk P, Arac E, Ozturk U, Arac S. (2021). Estimation of bone mineral density with hounsfield unit measurement. Br J Neurosurg. 25: 1–4. doi: 10.1080/02688697.2021.1888877.
3. Everitt BS, Skrondal A. (2010). The Cambridge Dictionary of Statistics. Ed. 4. Cambridge University Press: 480.
4. Guk YM, Zyma AM, Kincha–Polishchuk TA, Chewerda AI et al. (2021). The results of complex treatment of patients with Jaffe-

- Campanacci syndrome. Paediatric Surgery.Ukraine. 3 (72):69–75. [Гук ЮМ, Зима АМ, Кінча–Поліщук ТА, Чеверда АІ та інші. (2021). Результати комплексного лікування пацієнтів із синдромом Джаффе–Кампаначчі. Хірургія дитячого віку. 3 (72): 69–75]. doi 10.15574/PS.2021.72.69.
5. Jäger M, Wassenaar D, Busch A, Haversath M. (2020). Pseudarthrosen. Orthopäde. 49 (6): 547–560. German. doi: 10.1007/s00132-020-03920-w.
6. Lippross S, Tsaknakis K, Lorenz HM, Hell AK. (2021). Kongenitale Pseudarthrose der Tibia: Ein seltenes, oft unterschätztes Krankheitsbild [Congenital pseudarthrosis of the tibia: A rare often underestimated disorder]. Unfallchirurg. 124 (9): 755–767. German. doi: 10.1007/s00113-021-01061-z.
7. Qu H, Zhuang Y, Zhu L, Zhao Z, Wang K. (2021). The effects of vasoactive intestinal peptide on RANKL-induced osteoclast formation. Ann Transl Med. 9 (2): 127. doi: 10.21037/atm-20-7607.
8. Shabtai L, Ezra E, Wientroub S, Segev E. (2015). Congenital tibial pseudarthrosis, changes in treatment protocol. J Pediatr Orthop B. 24 (5): 444–449.
9. Shah H, Joseph B, Nair BVS, Kotian DB, Choi IH, Richards BS, Johnston C, Madhuri V, Dobbs MB, Dahl M. (2018). What Factors Influence Union and Refracture of Congenital Pseudarthrosis of the Tibia? A Multicenter Long-term Study. J. Pediatric Orthop. 38: e332–e337.
10. Shannon CE, Huser AJ, Paley D. (2021). Cross-Union Surgery for Congenital Pseudarthrosis of the Tibia. Children (Basel). 8 (7): 547. doi: 10.3390/children8070547.

Відомості про авторів:

Хмизов Сергій Олександрович – д.мед.н., проф., зав. відділу патології хребта та суглобів дитячого віку ДУ «Інститут патології хребта та суглобів імені проф. М. І. Ситенка НАМН України». Адреса: м. Харків, вул. Пушкінська, 80. <https://orcid.org/0000-0002-6725-0915>.

Кацалап Єлизавета Сергіївна – мол.н.с. відділу патології хребта та суглобів дитячого віку ДУ «Інститут патології хребта та суглобів імені проф. М. І. Ситенка НАМН України». Адреса: м. Харків, вул. Пушкінська, 80. <https://orcid.org/0000-0002-8193-4360>.

Карпінський Михайло Юрійович – ст.н.с. лабораторії біомеханіки ДУ «Інститут патології хребта та суглобів імені проф. М. І. Ситенка НАМН України». Адреса: м. Харків, вул. Пушкінська, 80. <https://orcid.org/0000-0002-3004-2610>.

Карпінська Олена Дмитрівна – н.с. лабораторії біомеханіки ДУ «Інститут патології хребта та суглобів імені проф. М. І. Ситенка НАМН України». Адреса: м. Харків, вул. Пушкінська, 80. <https://orcid.org/0000-0002-1482-7733>.

Стаття надійшла до редакції 07.05.2022 р., прийнята до друку 19.09.2022 р.