

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
«БУКОВИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
"BUKOVINIAN STATE MEDICAL UNIVERSITY"
Індексований у міжнародних наукометричних базах:

Academy (Google Scholar)
Ukrainian Research&Academy Network
(URAN)
Academic Resource Index Research Bib

Index Copernicus International
Scientific Indexing Services
Включений до Ulrichsweb™ Global Serials
Directory

КЛІНІЧНА ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПАТОЛОГІЯ
KLINICHNA TA EKSPERIMENTAL'NA PATOLOGIYA
CLINICAL & EXPERIMENTAL PATHOLOGY

На всі статті, опубліковані в журналі «Клінічна та експериментальна патологія»,
встановлюються цифрові ідентифікатори DOI

Т. XXIII, № 2 (88), 2024

Щоквартальний український
науково-медичний журнал.
Заснований у квітні 2002 року

Свідоцтво про державну реєстрацію
Серія КВ №6032 від 05.04.2002 р.
Ідентифікатор медіа R30-03395
(Витяг з Реєстру суб'єктів у сфері медіа-
ресервистів Національної ради України
з питань телебачення і радіомовлення
від 28.03.2024 № 1037)

Засновник і видавець: Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці

Головний редактор
С.С. Ткачук

Заступник головного редактора
О.І. Годованець

Відповідальний секретар
О.С. Хухліна

Секретар Г.М. Лапа

Наукові редактори випуску
д. мед. н. проф. Дейнека С.Є.
д. мед. н. проф. Власик Л.І.
д. мед. н. проф. Пашковський В.М.

Редакційна рада

Булик Р.Є.
Власик Л.І.
Дейнека С.Є.
Денисенко О.І.
Ілашук Т.О.
Колоскова О.К.
Коновчук В.М.
Кравченко О.В.
Масікевич Ю.Г.
Олійник І.Ю.
Пашковський В.М.
Полянський І.Ю.
Сидорчук Л.П.
Сорокман Т.В.
Ткачук О.В.
Федів О.І.
Цигикало О.В.

Адреса редакції: 58002, Чернівці, пл. Театральна, 2, видавничий відділ БДМУ
Тел./факс: (0372) 553754. E-mail: tkachuk.svitlana14@bsmu.edu.ua; lapagalina46@gmail.com

Офіційний web-сайт журналу: <http://ser.bsmu.edu.ua>

Електронні копії опублікованих статей передаються до Національної бібліотеки
ім. В.І. Вернадського для вільного доступу в режимі on-line

Реферати статей публікуються в "Українському реферативному журналі", серія "Медицина"

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

А.В. АБРАМОВ (Запоріжжя, Україна)
І.В. ГЕРУШ (Чернівці, Україна)
Д. КЕРИМОГЛУ (Геттінген, Німеччина)
Й. ДОМОГАЛА-КУЛАВІК (Варшава, Польща)
Ю.М. КОЛЕСНИК (Запоріжжя, Україна)
Д. КРЕЦОЮ (Бухарест, Румунія)
М. МАРК (Тімішоара, Румунія)
В.А. МІХНЬОВ (Київ, Україна)
М.Г. ПРОДАНЧУК (Київ, Україна)
О.Г. РЕЗНІКОВ (Київ, Україна)
В.Ф. САГАЧ (Київ, Україна)
Г. ТОМАДЗЕ (Тбілісі, Грузія)
М.Д. ТРОНЬКО (Київ, Україна)
Л.-Г. ХАЛІЧ (Ясси, Румунія)
М.Р. ХАРА (Тернопіль, Україна)
В.В. ЧОП'ЯК (Львів, Україна)
І. ЧХАІДЗЕ (Тбілісі, Грузія)
В.О. ШИДЛОВСЬКИЙ (Тернопіль, Україна)
В.О. ШУМАКОВ (Київ, Україна)

EDITORIAL BOARD

Andrii ABRAMOV (Zaporizhzhia, Ukraine)
Ig.V. GERUSH (Chernivtsi, Ukraine)
Cemil KERIMOGLU (Göttingen, Germany)
Joanna DOMAGALA-KULAWIK (Warsaw, Poland)
Yuri KOLESNIK (Zaporizhzhia, Ukraine)
Dragos CRETOIU (Bucharest, Romania)
Monica MARC (Timisoara, Romania)
Volodymyr MIKHNEV (Kyiv, Ukraine)
Mykola PRODANCHUK (Kyiv, Ukraine)
Olexandr REZNIKOV (Kyiv, Ukraine)
Vadim SAGACH (Kyiv, Ukraine)
Gia TOMADZE (Tbilisi, Georgia)
Mykola TRONKO (Kyiv, Ukraine)
Liliana-Gabriela HALITCHI (Iasi, Romania)
Maria KHARA (Ternopil, Ukraine)
Valentyna CHOPYAK (Lviv, Ukraine)
Ivane CHKHAIDZE (Tbilisi, Georgia)
Victor SHIDLOVSKYI (Ternopil, Ukraine)
Valentyn SHUMAKOV (Kyiv, Ukraine)

**Наказом Міністерства освіти і науки України від 11.07.2019 р., № 975
журнал «Клінічна та експериментальна патологія» включено до переліку
наукових фахових видань України, категорія Б**

*Рекомендовано до друку та поширення через Інтернет рішенням Вченої ради
Буковинського державного медичного університету (протокол № 15 від 25.06.2024 р.)*

Матеріали друкуються українською
та англійською мовами

Рукописи рецензуються. Редколегія залишає
за собою право редагування

Передрук можливий за письмової згоди
редколегії

Комп'ютерний набір і верстка – О.Ю. Воронцова

Наукове редагування – редакції

Редагування англійського тексту – Г.М. Лапи

Коректор – І.В. Зінченко

Група технічно-інформаційного забезпечення:
І.Б. Горбатюк, Л.І. Сидорчук, В.Д. Сорохан

ISSN 1727-4338

DOI 10.24061/1727-4338.XXIII.2.88.2024

© "Клінічна та експериментальна патологія"
(Клін. та експерим. патол.), 2024

© Clinical and experimental pathology
(Clin. and experim. pathol.), 2024

Founded in 2002

Publishing four issues a year

© Буковинський державний медичний університет, 2024 р.

АНАЛІЗ ЦЕНТРІВ СКОСТЕНІННЯ ДІАФІЗА ПРОМЕНЕВОЇ КІСТКИ У ПЛОДІВ 20-32 ТИЖНІВ ГЕСТАЦІЇ

О. А. Коваль, Т. В. Хмара

Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці, Україна

Ключові слова:
променева кістка,
осередки скостеніння,
комп'ютерна
томографія, плід.

Клінічна та
експериментальна
патологія 2024. Т.23,
№2 (88). С. 34-41.

DOI 10.24061/1727-4338.
XXIII.2.88.2024.06

E-mail:
koval190488@gmail.com

Мета дослідження – вивчити особливості скостеніння діафізів правої і лівої променевої кістки у плодів 20-32 тижнів гестації.

Матеріал і методи. Проаналізовано комп'ютерні томограми 52 плодів людини віком 20-32 тижні гестації для вивчення особливостей скостеніння променевої кістки у плодів людини. Результати дослідження статистично проаналізовані у програмі Excel. Для порівняння середніх використовували *t*-критерій Ст'юдента для незалежних змінних та однофакторний дисперсійний аналіз.

Результати. У плодів людини у віковому діапазоні 20-32 тижні гестації середня довжина осифікації правої променевої кістки збільшується з $19,63 \pm 0,19$ мм до $40,87 \pm 0,09$ мм, а лівої променевої кістки – з $20,43 \pm 0,18$ мм до $41,62 \pm 0,28$ мм відповідно до квадратичного рівняння: $y = 1,7152 x \text{ вік} - 13,152$ ($R^2 = 0,9825$). Під час аналізу проксимального поперечного діаметра діафіза променевої кістки встановлено його збільшення згідно наступного квадратичного рівняння: $y = 0,2354 x \text{ вік} - 1,6858$ ($R^2 = 0,9797$). Поперечний діаметр середньої частини діафіза променевої кістки зростає згідно з наступним квадратичного рівняння: $y = 0,1388 x \text{ вік} - 1,0613$ ($R^2 = 0,9832$), а зростання поперечного діаметра дистальної частини діафіза цієї кістки описується таким квадратичним рівнянням: $y = 0,1491 x \text{ вік} - 1,1459$ ($R^2 = 0,9847$).

Висновок. Отримані морфометричні дані про скостеніння діафізів променевої кістки можна вважати за норму для плодів 20-32 тижнів гестації. Вони можуть слугувати для оцінки віку плода і ультразвукової діагностики природжених патологій верхньої кінцівки.

Key words:
radius, ossification foci,
computed tomography,
fetus.

Clinical and experimental
pathology 2024. Vol.23,
№ 2 (88). P. 34-41.

ANALYSIS OF OSSIFICATION CENTRES OF THE RADIAL DIAPHYSIS IN FETUSES OF 20-32 WEEKS OF GESTATION

O. A. Koval, T. V. Khmara

Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

The aim of the study – to investigate the characteristics of ossification of the right and left radial diaphysis in fetuses of 20-32 weeks' gestation.

Materials and methods. Computed tomography scans of 52 human fetuses at 20-32 weeks of gestation were analyzed to study the characteristics of ossification of the radial bones in human fetuses. The results of the study were statistically analyzed in Excel. Student's *t*-test for independent variables and univariate analysis of variance were used to compare means.

Results. In human fetuses of 20-32 weeks of gestation, the mean length of ossification of the right radius increases from 19.63 ± 0.19 mm to 40.87 ± 0.09 mm, and the left radius increases from 20.43 ± 0.18 mm to 41.62 ± 0.28 mm, according to the quadratic equation: $y = 1.7152 x \text{ age} - 13.152$ ($R^2 = 0.9825$). When analyzing the proximal transverse diameter of the diaphysis of the radius, its increase occurs according to the following quadratic equation: $y = 0.2354 x \text{ age} - 1.6858$ ($R^2 = 0.9797$). In the analysis, the transverse diameter of the middle part of the radius diaphysis increases according to the following quadratic equation: $y = 0.1388 x \text{ age} - 1.0613$ ($R^2 = 0.9832$). When analyzed, the transverse diameter of the distal part of the radial diaphysis increases according to the following quadratic equation: $y = 0.1491 x \text{ age} - 1.1459$ ($R^2 = 0.9847$).

Conclusion. The obtained morphometric data on ossification of the radial diaphysis can be considered normal for the studied 20-32 weeks of gestation and can be used for assessment of fetal age and for ultrasound diagnosis of congenital pathologies of the upper extremity.

Вступ

На 6-7-му тижнях вагітності хрящовий скелет верхньої кінцівки вже формується із мезенхіми. У цей час єдиним винятком із цього є кінцеві фаланги, які залишаються мезенхімальними. Скостеніння кісток верхньої кінцівки, за винятком ключиці, відбувається ISSN 1727-4338 <https://www.bsmu.edu.ua>

енхондральним шляхом [1]. Процес скостеніння верхньої кінцівки починається наприкінці 6-го тижня вагітності з формуванням первинного центру скостеніння в середній частині ключиці – це перший центр скостеніння у скелеті людини. На 8-му тижні вагітності послідовно з'являються центри Клінічна та експериментальна патологія. 2024. Т.23, № 2 (88)

скостеніння у плечовій, ліктьовій та променевої кістках, а потім – у лопатці.

Процес скостеніння відбувається двома шляхами, оскільки спочатку первинні центри скостеніння з'являються у діафізах довгих трубчастих кісток, пізніше з'являються вторинні центри скостеніння в епіфізах та метафізах [2]. За допомогою ультразвуку первинні центри скостеніння можна візуалізувати у першому триместрі вагітності, між 7-м та 12-м тижнями гестації, тоді як вторинні центри осифікації можна виявити тільки у другому та третьому триместрах вагітності [3].

При рутинних ультразвукових дослідженнях плода довжина стегнової кістки має вирішальне значення для оцінки анатомічних особливостей плода та його віку. Цікаво, що оцінка довжини довгих трубчастих кісток вкрай необхідна для раннього виявлення уроджених вад розвитку [4]. При підозрі на скелетну дисплазію необхідно виміряти довжину інших довгих трубчастих кісток, у тому числі верхньої кінцівки: плечової, променевої та ліктьової.

Вади розвитку кісток плода можна розділити на дві основні групи: генералізована аплазія опорно-рухового апарату, що відображається на розвитку плода в цілому, і деформації окремих частин кісткової системи плода [3].

Вивчивши джерела літератури щодо осифікації кісток верхніх кінцівок, ми виявили, що ключиці, плечові та ліктьові кістки точно описані кількісно і виражені кривими росту [4].

Показано, що дефекти кінцівок трапляються приблизно у 5-6 дітей на 10 000 новонароджених. Деформації верхніх кінцівок трапляються набагато частіше, ніж деформації нижніх кінцівок, становлячи 75 % усіх випадків. Зазвичай вони є ізольованими, але можуть бути пов'язані з іншими уродженими вадами розвитку та бути єдиною зовнішньою ознакою певного синдрому. Слід зазначити, що аномалія кінцівок у 12-50 % випадків поєднується з іншими уродженими вадами [5].

Традиційно вважається, що діагностика уроджених дефектів верхніх кінцівок значною мірою підтверджується звичайною рентгенографією [6]. Останніми роками відбувся прогрес у використанні пренатальної візуалізації для ранньої діагностики. Сюди входить двовимірне УЗД (2D УЗД), магнітно-резонансна томографія плода (МРТ) та низькодозова мультidetекторна комп'ютерна томографія з 3D-реконструкцією (3D-КТ) [7].

Порушення стану довгих кісток є ключовим показником аномального розвитку плода та його маси. До того ж, оцінка довжини кінцівок стає важливим показником остеохондродисплазії та хромосомних аномалій. Зокрема, з метою моніторингу вад розвитку плода найбільш часто оцінюється довжина стегна. Оскільки осифікацію плода можна відстежувати на ранній та постійній основі, необхідно проводити детальне УЗД плода при підозрі на аномалії скелетної системи з урахуванням хромосомного дослідження. Якщо при вимірі довжини стегнової кістки є підозра на аномалію, необхідно провести оцінку морфометричних

параметрів довжини інших довгих кісток верхніх та нижніх кінцівок [4].

Мета дослідження

Вивчити особливості скостеніння діафізів правої і лівої променевої кістки у плодів 20-32 тижнів гестації.

Матеріали та методи дослідження

Для з'ясування особливостей скостеніння променевої кістки у плодів людини здійснено аналіз рентгенограм та комп'ютерних томограм 52 плодів людини віком 20-32 тижнів гестації.

Оглядова рентгенографія верхніх кінцівок фіксованих у формаліні плодів виконана на апараті ER-750B (напруга на трубці становила 40-50 кВ, сила струму – 25-50 мА, фокусна відстань – 90 см, експозиція – 25-34 с).

Для вивчення морфометрії та денситометрії серійних КТ-зрізів застосовано тривимірне комп'ютерне реконструювання [8]. 3D-реконструкції серійних КТ-зрізів променевої ділянки плодів людини різного віку дали змогу також встановити особливості синтопії структур променевої кістки з контрастованими кровоносними судинами цієї ділянки.

Серію зображень стандарту DICOM PACS опрацьовували в спеціалізованих комп'ютерних програмах RadiAnt Dicom Viewer (Medixant), ImageJ (National Institutes of Health).

Роздільна здатність КТ-зрізів 0,5 мм надала можливість ідентифікувати рентгенконтрастні структури плодів людини. Інтерактивна сегментація різних за рентгенологічною щільністю структур плода дає змогу визначати локалізацію та форму осередків скостеніння променевої кістки. Слід підкреслити, що програма автоматично окреслює контури кісткової моделі за градієнтами шкали Хаунсфілда, що дає спроможність візуалізувати та провести морфометрію як і всієї моделі, так і осередків скостеніння.

Незважаючи на хрящову стадію, контури проксимального і дистального осередків скостеніння діафізу променевої кістки вже чітко видні, що дало змогу провести точний морфометричний аналіз його лінійних, плоских і об'ємних параметрів [1].

Усього оцінили такі чотири параметри центру скостеніння діафізу променевої кістки (рис. 1):

1. Довжину, виходячи з визначення відстані між проксимальною та дистальною межами осередків скостеніння у фронтальній площині.

2. Проксимальний поперечний діаметр, виходячи з визначення відстані між присередньою та бічною межами проксимальної ділянки центру скостеніння у фронтальній площині.

3. Середній поперечний діаметр, виходячи з визначення відстані між присередньою та бічною межами центральної ділянки центру скостеніння у фронтальній площині.

4. Дистальний поперечний діаметр, виходячи з визначення відстані між присередньою та бічною межами дистальної ділянки осередків скостеніння у фронтальній площині.

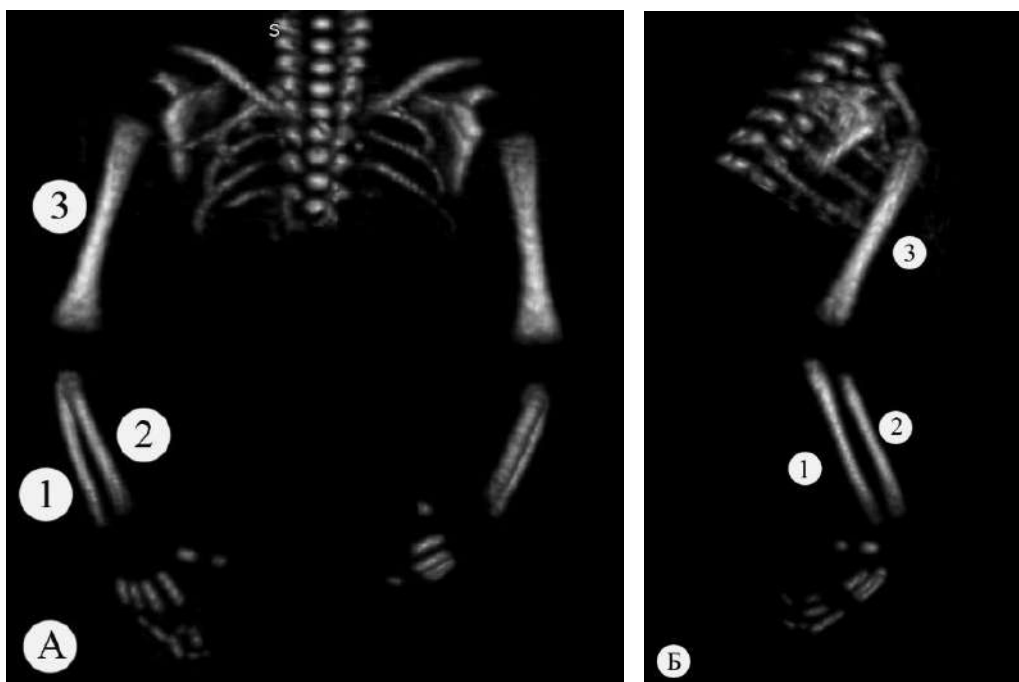


Рис. 1. Комп'ютерно-томографічне зображення кісток верхніх кінцівок плода 150,0 мм тім'яно-куприкової довжини. Передня (А) і задньо-бічна (Б) проекції: 1 – ліктьова кістка; 2 – променева кістка; 3 – плечова кістка

Результати дослідження статистично проаналізовані за допомогою програми Excel і представлені у вигляді середніх статистичних значень зі стандартними відхиленнями. Для порівняння середніх використовували t-критерій Ст'юдента для незалежних змінних та однофакторний дисперсійний аналіз. Характеристика динаміки розвитку аналізованих показників базувалася на лінійному регресійному аналізі. Відповідність розрахункових кривих результатів вимірювань оцінювали за коефіцієнтом детермінації (R^2).

Дослідження проведене відповідно до основних біоетичних положень Конвенції Ради Європи з прав людини та біомедицини (від 04.04.1997 р.), Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення наукових медичних досліджень за участі людини (1964-2013 рр.), наказу МОЗ України № 690 від 23.09.2009 р. та з урахуванням

методичних рекомендацій МОЗ України «Порядок вилучення біологічних об'єктів від померлих осіб, тіла яких підлягають судово-медичній експертизі та патологоанатомічному дослідженню для наукових цілей» (2018 р.). Комісією з питань біомедичної етики Буковинського державного медичного університету (протокол № 6 від 21.03.2024 р.) порушень морально-правових норм під час проведення науково-дослідної роботи не виявлено.

Результати та їх обговорення

Середні значення та стандартні відхилення всіх аналізованих показників осередків скостеніння правої і лівої променевих кісток у плодів людини різного гестаційного віку представлені у таблицях 1 і 2. Статистично значимих відмінностей ($p > 0,05$) між показниками осередків скостеніння діафіза правої і лівої променевих кісток не виявлено.

Таблиця 1

Довжина та поперечний діаметр скостеніння діафіза правої променевої кістки

Вік гестації (тижні)	Кількість плодів	Довжина (мм)	Поперечний діаметр		
			Проксимальний кінець (мм)	Середня частина (мм)	Дистальний кінець (мм)
20	3	19,63±0,19	2,77±0,03	1,59±0,02	1,71±0,02
21	5	22,14±0,14	3,23±0,23	1,79±0,01	1,93±0,01
22	4	23,96±0,16	3,38±0,02	1,94±0,01	2,08±0,01
23	4	24,78±0,05	3,49±0,01	2,01±0,01	2,16±0,02
24	4	29,34±0,28	4,13±0,03	2,38±0,02	2,55±0,02
25	3	30,76±0,19	4,34±0,03	2,49±0,02	2,68±0,01
26	6	32,40±0,09	4,57±0,01	2,62±0,01	2,82±0,02
27	4	33,13±0,20	4,67±0,03	2,68±0,02	2,88±0,02
28	5	34,88±0,26	4,92±0,04	2,82±0,02	3,03±0,01
29	4	35,83±0,26	5,05±0,01	2,91±0,01	3,12±0,01
30	3	37,36±0,11	5,27±0,02	3,03±0,01	3,25±0,01
31	4	39,31±0,16	5,54±0,02	3,18±0,01	3,42±0,01
32	3	40,87±0,09	5,76±0,01	3,31±0,01	3,56±0,01
Всього	52	31,11±6,77	4,39±0,94	2,52±0,55	2,71±0,59

Таблиця 2

Довжина та поперечний діаметр скостеніння діафіза лівої променевої кістки

Вік гестації (тижні)	Кількість плодів	Довжина (мм)	Поперечний діаметр		
			Проксимальний кінець (мм)	Середня частина (мм)	Дистальний кінець (мм)
20	3	20,43±0,18	2,88±0,03	1,66±0,01	1,78±0,02
21	5	23,03±0,18	3,36±0,26	1,87±0,01	2,00±0,02
22	4	24,80±0,21	3,50±0,03	2,01±0,02	2,16±0,02
23	4	25,55±0,12	3,60±0,02	2,07±0,01	2,22±0,01
24	4	29,81±0,27	4,20±0,04	2,41±0,02	2,59±0,02
25	3	31,42±0,42	4,43±0,06	2,54±0,03	2,73±0,04
26	6	32,99±0,49	4,65±0,07	2,67±0,04	2,78±0,04
27	4	33,57±0,45	4,73±0,06	2,72±0,4	2,92±0,04
28	5	35,39±0,71	4,99±0,10	2,86±0,06	3,08±0,02
29	4	36,62±0,47	5,16±0,07	2,97±0,04	3,19±0,04
30	3	38,09±0,59	5,37±0,08	3,09±0,04	3,31±0,05
31	4	39,80±0,25	5,61±0,03	3,22±0,02	3,46±0,02
32	3	41,65±0,28	5,67±0,04	3,37±0,02	3,62±0,02
Всього	52	31,78±6,71	4,47±0,91	2,57±0,54	2,76±0,58

Динаміка росту довжини і трьох поперечних діаметрів центрів скостеніння діафіза правої і лівої променевої кістки підпорядковувалася натуральній логарифмічній функції.

У плодів людини у віковому діапазоні 20-32 тижні гестації середня довжина осифікації правої променевої кістки збільшується з 19,63±0,19 мм до

40,87±0,09 мм, а цей же морфометричний параметр лівої променевої кістки зростає з 20,43±0,18 мм до 41,62±0,28 мм відповідно до квадратичного рівняння: $y = 1,7152 x \text{ вік} - 13,152$ ($R^2 = 0,9825$). Модель для прогнозування довжини осифікації діафіза променевої кістки залежно від віку плода представлена на рис. 2.

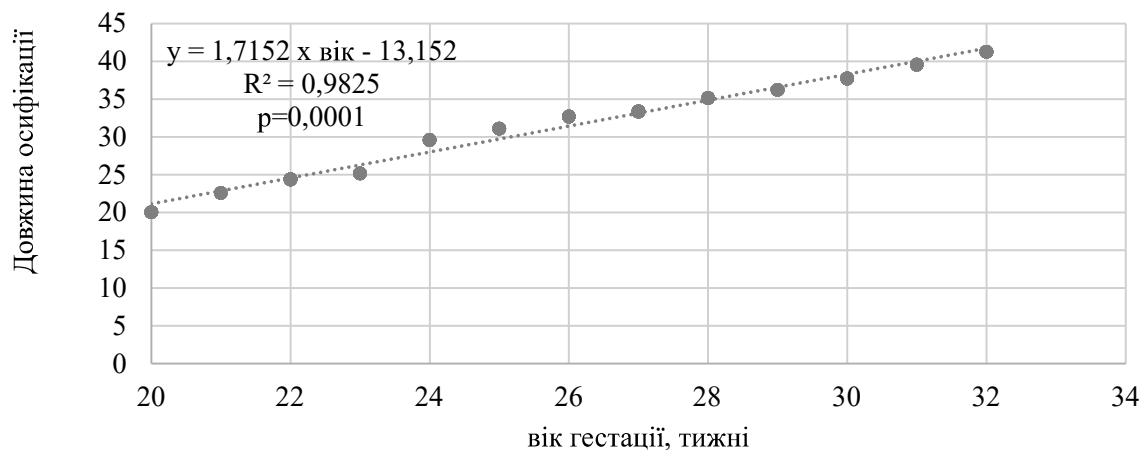


Рис. 2. Залежність довжини осифікації діафіза променевої кістки від віку плода

Між віком плода та довжиною осифікації діафіза променевої кістки спостерігається прямий сильний кореляційний зв'язок ($r = +0,99$).

При аналізі проксимального поперечного діаметра діафіза правої променевої кістки встановлено, що у плодів віком 20-32 тижні цей показник зростає з 2,77±0,03 мм до 5,76±0,01 мм, а відповідний морфометричний параметр лівої променевої кістки – з 2,88±0,03 мм до 5,67±0,04 мм та описується квадратичним рівнянням: $y = 0,2354 x \text{ вік} - 1,6858$ ($R^2 = 0,9797$). Модель для прогнозування росту проксимального поперечного діаметра діафіза променевої кістки залежно від віку плода представлена на рис. 3.

Між віком плода та проксимальним поперечним діаметром діафіза променевої кістки виявлено прямий сильний кореляційний зв'язок ($r = +0,99$).

Протягом вікового діапазону 20-32 тижні гестації поперечний діаметр середньої частини

діафіза правої променевої кістки збільшується з 1,59±0,02 до 3,31±0,01 мм, а лівої променевої кістки – з 1,66±0,01 мм до 3,37±0,02 мм згідно з квадратичним рівнянням: $y = 0,1388 x \text{ вік} - 1,0613$ ($R^2 = 0,9832$). Модель для прогнозування росту середнього поперечного діаметра діафіза променевої кістки залежно від віку плода представлена на рис. 4.

Між віком плода та середнім поперечним діаметром діафіза променевої кістки спостерігається сильний прямий кореляційний зв'язок ($r = +0,99$).

Згідно з квадратичним рівнянням: $y = 0,1491 x \text{ вік} - 1,1459$ ($R^2 = 0,9847$) у плодів людини дослідженого вікового діапазону (20-32 тижні гестації) поперечний діаметр дистальної частини діафіза правої променевої кістки збільшується з 1,71±0,02 до 3,56±0,01 мм, а лівої променевої кістки – з 1,78±0,02 мм до 3,62±0,02 мм. Модель для прогнозування дистального поперечного діаметра діафіза променевої кістки від віку плода представлена на рис. 5.

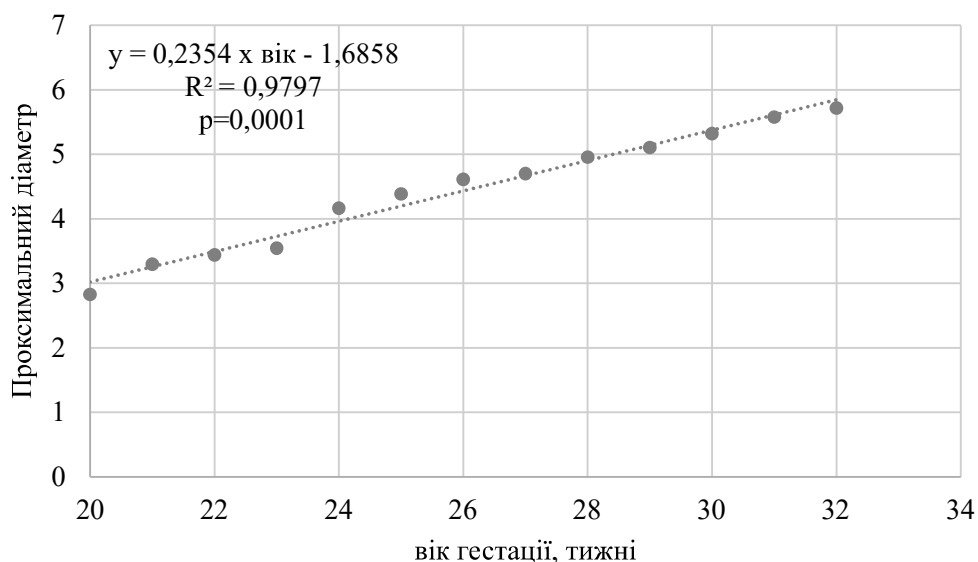


Рис. 3. Залежність проксимального поперечного діаметра діафіза променевої кістки від віку плода

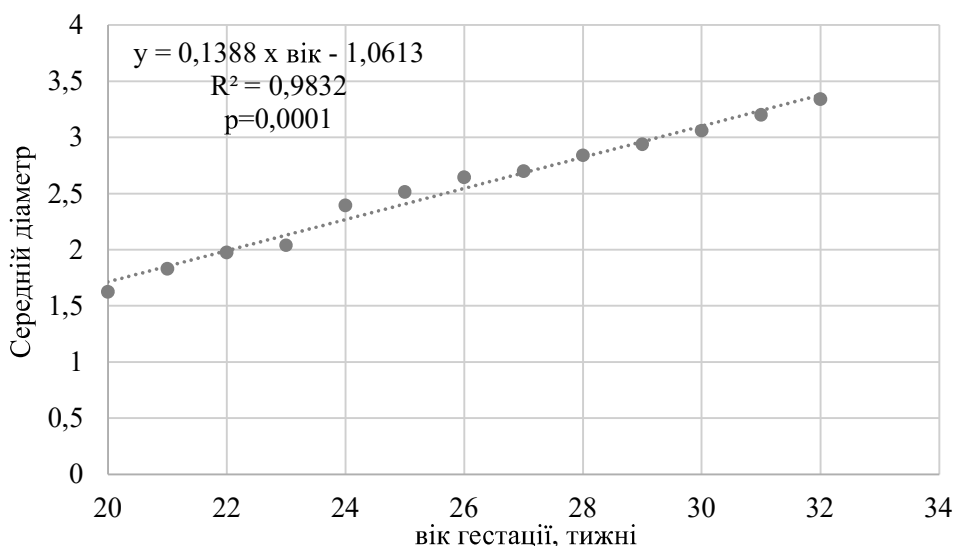


Рис. 4. Залежність середнього поперечного діаметра діафіза променевої кістки від віку плода

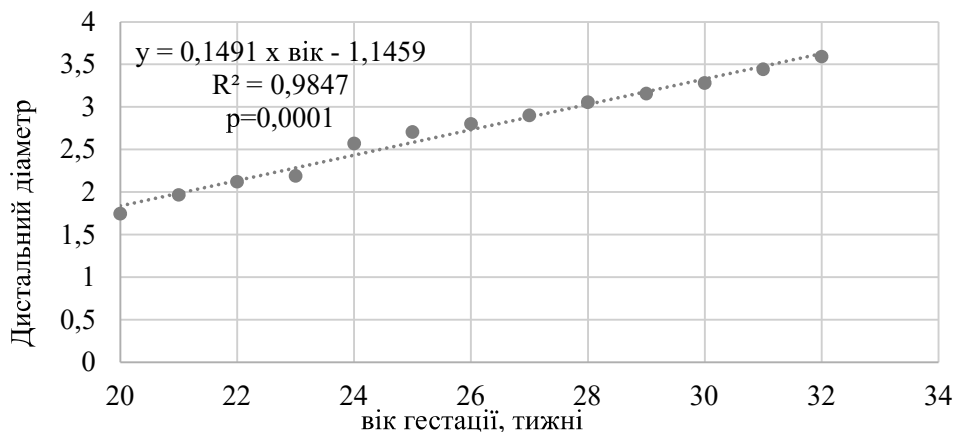


Рис. 5. Залежність дистального поперечного діаметра діафіза променевої кістки від віку плода

Між віком плода та довжиною дистального поперечного діаметра діафіза променевої кістки виявлено сильний прямий кореляційний зв'язок ($r = +0,99$).

На основі коефіцієнта кореляції, який вказує на наявність сильного прямого кореляційного зв'язку, можемо зробити висновок, що лінійні моделі регресії

адекватно описують залежність довжини осифікації діафіза променевої кістки, проксимального, середнього та дистального поперечних діаметрів променевої кістки від віку плода.

Знання референтних значень розмірів кісток кінцівок плода залежно від терміну гестації може

допомогти в діагностиці скелетних дисплазій, але класична біометрія плода недостатня для оцінки його розвитку [9]. Проведена велика кількість досліджень із визначення розмірів та ступеня осифікації довгих трубчастих кісток кінцівок плода людини залежно від терміну гестації [10-15]. Вимірювання як загальної довжини, так і центру скостеніння довгих трубчастих кісток верхніх кінцівок (плечової, ліктьової та променевої) можуть надати інформацію, корисну для визначення терміну гестації плода [10].

Brons et al. [12] у своєму дослідженні розраховали два показники: співвідношення довжини плечової кістки і кісток передпліччя та співвідношення довжини ліктьової і променевої кісток у 63 плодів віком від 12 до 40 тижнів гестації. Ці два індекси для 50-го перцентиля представлені так: 1,13 та 1,14 на 12-му тижні, 1,11 та 1,14 на 16-му тижні, 1,09 та 1,14 на 20-му тижні, 1,06 та 1,14 на 24-му тижні, 1,04 та 1,14 на 28-му тижні, 1,02 та 1,13 на 32-му тижні, 1,00 та 1,13 на 36-му тижні, 0,98 та 1,13 на 40-му тижні відповідно. В іншому дослідженні [15] розраховане відношення довжини ліктьової кістки до довжини променевої кістки сягало значення $0,99 \pm 0,12$.

В ультразвуковому дослідженні, проведеному на 663 плодах у віці від 12-ти до 42-х тижнів внутрішньоутробного життя, ріст довжини променевої кістки відповідав такій функції: $y = 7983/(\text{вік})^2 - 1698,6/\text{вік} + 96,634 \text{ вік} + 1,1933$ [13]. Використовуючи ультразвук, інші дослідники виміряли довжину довгих трубчастих кісток, включаючи променеву кістку, у 2186 плодів віком від 13 до 40 тижнів гестації [16]. Середня довжина радіуса для 50-го перцентиля зростала відповідно до функції: $y = -29,090 + 3,371 \times \text{вік} - 0,031(\text{вік})^2$.

Деякі дослідники припускають, що оцінка загальної довжини довгих трубчастих кісток може бути лише інформацією для дискусії щодо віку плода, тоді як центр скостеніння є важливим параметром, що корелює зі ступенем скостеніння скелета [17].

Рентгенографічне вимірювання центрів скостеніння довгих кісток у 34-х препаратів плодів, що зберігалися у 10% розчині формаліну, показало, що середнє збільшення довжини променевої кістки коливалося від 4,5 мм у 3-місячного плода до 53,5 мм у 10-місячного [14]. Найбільший приріст довжини центра скостеніння променевої кістки становив 13,41 мм на 5-му місяці при середній довжині променевої кістки 23,66 мм. Автори встановили, що довжина центра скостеніння променевої кістки пропорційно збільшувалася з віком плода. Використовуючи ультразвук Vareggi et al. [17], виміряли загальну довжину променевої кістки і довжину її центрів скостеніння у 58 плодів віком від 8-ми до 14-ти тижнів гестації. Загальна довжина променевої кістки у передплодів і плодів людини 38,0-116,0 мм тим'яно-куприкової довжини збільшувалася з 4,6 до 30,8 мм. Слід зазначити, що довжина правої променевої кістки була більшою у 20 плодів, а лівої променевої кістки – у 3-х. Довжина скостенілої частини променевої кістки коливалася від 1,8 до 22,4 мм.

У представленій статті аналізується центр скостеніння променевої кістки у плодів людини

з використанням математичних моделей динаміки її росту. Доведено, що досліджені центри скостеніння як правої, так і лівої променевої кісток росли рівномірно. Наше дослідження відповідало результатам інших авторів щодо первинного центра скостеніння ключиці, а також щодо центрів скостеніння плечової та ліктьової кісток у плодів людини [2, 18].

Висновки

Отримані морфометричні дані про скостеніння діафізів променевої кістки можна вважати за норму для плодів 20-32 тижнів гестації. Вони можуть слугувати критеріями для оцінки віку плода і ультразвукової діагностики природжених патологій верхньої кінцівки.

Перспективи подальших досліджень

Вивчити особливості морфогенезу кисті у плодів людини віком 20-32 тижнів гестації.

Список літератури

- Baumgart M, Wiśniewski M, Grzonkowska M, Badura M, Dombek M, Małkowski B, et al. Morphometric study of the two fused primary ossification centers of the clavicle in the human fetus. *Surg Radiol Anat.* 2016;38(8):937-45. doi: 10.1007/s00276-016-1640-y
- Wiśniewski M, Baumgart M, Grzonkowska M, Małkowski B, Wilińska-Jankowska A, Siedlecki Z, et al. Ossification center of the humeral shaft in the human fetus: a CT, digital, and statistical study. *Surg Radiol Anat.* 2017;39(10):1107-16. doi: 10.1007/s00276-017-1849-4
- Lee S, Kim T, Lee H, Park J, Chung S, Jeon D. Length Measurement of Fetal Long Bone and Fetal Anomaly Detection. *WebmedCentral Obstetrics and Gynaecology.* 2013;4(5): WMC004230. doi: 10.9754/journal.wmc.2013.004230
- Merz E, Pashaj S, Wellek S. Normal Fetal Growth Profile at 10-41 Weeks of Gestation – An Update Based on 10225 Normal Singleton Pregnancies and Measurement of the Fetal Parameters Using 3D Ultrasound. *Ultraschall Med.* 2023;44(2):179-87. doi: 10.1055/a-1968-0018
- Pai GM, Kamath BNJ. Congenital hand differences: Prevalence among school going children in Mangalore city. *J Orthop.* 2022;31:17-21. doi: 10.1016/j.jor.2022.03.005
- Aucourt J, Budzik JF, Manouvrier-Hanu S, Mézel A, Cotten A, Boutry N. Congenital malformations of the hand and forearm in children: what radiologists should know. *Semin Musculoskelet Radiol.* 2012;16(2):146-58. doi: 10.1055/s-0032-1311766
- Vij N, Goncalves LF, Llanes A, Youn S, Belthur MV. Prenatal radiographic evaluation of congenital transverse limb deficiencies: A scoping review. *World J Orthop.* 2023;14(3):155-65. doi: 10.5312/wjo.v14.i3.155
- Дмитренко ПР, Коваль ОА, Андрушак ЛА, Макачук ІС, Цигикало ОВ. Особливості ідентифікації різних типів тканин під час 3D-реконструкції мікроскопічних структур людини. *Неонатологія, хірургія та перинатальна медицина.* 2023;4:125-34. doi: 10.24061/2413-4260.XIII.4.50.2023.18
- March MI, Warsof SL, Chauhan SP. Fetal biometry: relevance in obstetrical practice. *Clin Obstet Gynecol.* 2012;55(1):281-7. doi: 10.1097/grf.0b013e3182446e9b
- Bareggi R, Grill V, Zweyer M, Sandrucci MA, Martelli AM, Narducci P, et al. On the assessment of the growth patterns in human fetal limbs: longitudinal measurements and allometric analysis. *Early Hum Dev.* 1996;45(1-2):11-25. doi: 10.1016/0378-3782(95)01718-6

11. Adalian P, Piercecchi-Marti MD, Bourlière-Najean B, Panuel M, Leonetti G, Dutour O. New formula for the determination of fetal age. *C R Biol.* 2002;325(3):261-9. doi: 10.1016/s1631-0691(02)01426-9
12. Brons JT, van Geijn HP, Bezemer PD, Nauta JP, Arts NF. The fetal skeleton; ultrasonographic evaluation of the normal growth. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 1990;34(1-2):21-36. doi: 10.1016/0028-2243(90)90004-k
13. Chitty LS, Altman DG. Charts of fetal size: limb bones. *BJOG.* 2002;109(8):919-29. doi: 10.1111/j.1471-0528.2002.01022.x
14. Khan Z, Faruqi NA. Determination of gestational age of human fetuses from diaphyseal lengths of long bones – a radiological study. *J Anat Soc India.* 2006;55(1):67-71.
15. Zorzoli A, Kustermann A, Caravelli E, Corso FE, Fogliani R, Aimi G, et al. Measurements of fetal limb bones in early pregnancy. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 1994;4(1):29-33. doi: 10.1046/j.1469-0705.1994.04010029.x
16. Exacoustos C, Rosati P, Rizzo G, Arduini D. Ultrasound measurements of fetal limb bones. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 1991;1(5):325-30. doi: 10.1046/j.1469-0705.1991.01050325.x
17. Bareggi R, Grill V, Zweyer M, Sandrucci MA, Narducci P, Forabosco A. The growth of long bones in human embryological and fetal upper limbs and its relationship to other developmental patterns. *Anat Embryol (Berl).* 1994;189(1):19-24. doi: 10.1007/bf00193126
18. Baumgart M, Wiśniewski M, Grzonkowska M, Badura M, Szpinda M, Pawlak-Osińska K. The primary ossification of the human fetal ischium: CT, digital-image analysis, and statistics. *Surg Radiol Anat.* 2019;41(3):327-33. doi: 10.1007/s00276-018-2171-5
6. Aucourt J, Budzik JF, Manouvrier-Hanu S, Mézel A, Cotten A, Boutry N. Congenital malformations of the hand and forearm in children: what radiologists should know. *Semin Musculoskelet Radiol.* 2012;16(2):146-58. doi: 10.1055/s-0032-1311766
7. Vij N, Goncalves LF, Llanes A, Youn S, Belthur MV. Prenatal radiographic evaluation of congenital transverse limb deficiencies: A scoping review. *World J Orthop.* 2023;14(3):155-65. doi: 10.5312/wjo.v14.i3.155
8. Dmytrenko RR, Koval OA, Andrushchak LA, Makarchuk IS, Tsyhykalo OV. Osoblyvosti identyfikatsii riznykh typiv tkany pid chas 3D-rekonstruktsii mikroskopichnykh struktur liudyny [Peculiarities of the identification of different types of tissues during 3D-reconstruction of human microscopic structures]. *Neonatology, Surgery and Perinatal Medicine.* 2023;4:125-34. doi: 10.24061/2413-4260.XIII.4.50.2023.18 (in Ukrainian)
9. March MI, Warsof SL, Chauhan SP. Fetal biometry: relevance in obstetrical practice. *Clin Obstet Gynecol.* 2012;55(1):281-7. doi: 10.1097/grf.0b013e3182446e9b
10. Bareggi R, Grill V, Zweyer M, Sandrucci MA, Martelli AM, Narducci P, et al. On the assessment of the growth patterns in human fetal limbs: longitudinal measurements and allometric analysis. *Early Hum Dev.* 1996;45(1-2):11-25. doi: 10.1016/0378-3782(95)01718-6
11. Adalian P, Piercecchi-Marti MD, Bourlière-Najean B, Panuel M, Leonetti G, Dutour O. New formula for the determination of fetal age. *C R Biol.* 2002;325(3):261-9. doi: 10.1016/s1631-0691(02)01426-9
12. Brons JT, van Geijn HP, Bezemer PD, Nauta JP, Arts NF. The fetal skeleton; ultrasonographic evaluation of the normal growth. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 1990;34(1-2):21-36. doi: 10.1016/0028-2243(90)90004-k
13. Chitty LS, Altman DG. Charts of fetal size: limb bones. *BJOG.* 2002;109(8):919-29. doi: 10.1111/j.1471-0528.2002.01022.x
14. Khan Z, Faruqi NA. Determination of gestational age of human fetuses from diaphyseal lengths of long bones – a radiological study. *J Anat Soc India.* 2006;55(1):67-71.
15. Zorzoli A, Kustermann A, Caravelli E, Corso FE, Fogliani R, Aimi G, et al. Measurements of fetal limb bones in early pregnancy. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 1994;4(1):29-33. doi: 10.1046/j.1469-0705.1994.04010029.x
16. Exacoustos C, Rosati P, Rizzo G, Arduini D. Ultrasound measurements of fetal limb bones. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 1991;1(5):325-30. doi: 10.1046/j.1469-0705.1991.01050325.x
17. Bareggi R, Grill V, Zweyer M, Sandrucci MA, Narducci P, Forabosco A. The growth of long bones in human embryological and fetal upper limbs and its relationship to other developmental patterns. *Anat Embryol (Berl).* 1994;189(1):19-24. doi: 10.1007/bf00193126
18. Baumgart M, Wiśniewski M, Grzonkowska M, Badura M, Szpinda M, Pawlak-Osińska K. The primary ossification of the human fetal ischium: CT, digital-image analysis, and statistics. *Surg Radiol Anat.* 2019;41(3):327-33. doi: 10.1007/s00276-018-2171-5

References

1. Baumgart M, Wiśniewski M, Grzonkowska M, Badura M, Dombek M, Małkowski B, et al. Morphometric study of the two fused primary ossification centers of the clavicle in the human fetus. *Surg Radiol Anat.* 2016;38(8):937-45. doi: 10.1007/s00276-016-1640-y
2. Wiśniewski M, Baumgart M, Grzonkowska M, Małkowski B, Wilińska-Jankowska A, Siedlecki Z, et al. Ossification center of the humeral shaft in the human fetus: a CT, digital, and statistical study. *Surg Radiol Anat.* 2017;39(10):1107-16. doi: 10.1007/s00276-017-1849-4
3. Lee S, Kim T, Lee H, Park J, Chung S, Jeon D. Length Measurement of Fetal Long Bone and Fetal Anomaly Detection. *WebmedCentral Obstetrics and Gynaecology.* 2013;4(5): WMC004230. doi: 10.9754/journal.wmc.2013.004230
4. Merz E, Pashaj S, Wellek S. Normal Fetal Growth Profile at 10-41 Weeks of Gestation – An Update Based on 10225 Normal Singleton Pregnancies and Measurement of the Fetal Parameters Using 3D Ultrasound. *Ultraschall Med.* 2023;44(2):179-87. doi: 10.1055/a-1968-0018
5. Pai GM, Kamath BNJ. Congenital hand differences: Prevalence among school going children in Mangalore city. *J Orthop.* 2022;31:17-21. doi: 10.1016/j.jor.2022.03.005
13. Chitty LS, Altman DG. Charts of fetal size: limb bones. *BJOG.* 2002;109(8):919-29. doi: 10.1111/j.1471-0528.2002.01022.x
14. Khan Z, Faruqi NA. Determination of gestational age of human fetuses from diaphyseal lengths of long bones – a radiological study. *J Anat Soc India.* 2006;55(1):67-71.
15. Zorzoli A, Kustermann A, Caravelli E, Corso FE, Fogliani R, Aimi G, et al. Measurements of fetal limb bones in early pregnancy. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 1994;4(1):29-33. doi: 10.1046/j.1469-0705.1994.04010029.x
16. Exacoustos C, Rosati P, Rizzo G, Arduini D. Ultrasound measurements of fetal limb bones. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 1991;1(5):325-30. doi: 10.1046/j.1469-0705.1991.01050325.x
17. Bareggi R, Grill V, Zweyer M, Sandrucci MA, Narducci P, Forabosco A. The growth of long bones in human embryological and fetal upper limbs and its relationship to other developmental patterns. *Anat Embryol (Berl).* 1994;189(1):19-24. doi: 10.1007/bf00193126
18. Baumgart M, Wiśniewski M, Grzonkowska M, Badura M, Szpinda M, Pawlak-Osińska K. The primary ossification of the human fetal ischium: CT, digital-image analysis, and statistics. *Surg Radiol Anat.* 2019;41(3):327-33. doi: 10.1007/s00276-018-2171-5

Інформація про авторів:

Коваль О. А. – к.мед.н., докторант кафедри анатомії, клінічної анатомії та оперативної хірургії Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна.

E-mail: koval190488@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9434-8213>

Хмара Т. В. – д.мед.н., професор кафедри анатомії людини ім. М. Г. Туркевича Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці, Україна.

E-mail: khmara.tv.6@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4699-6600>

Information about authors:

Koval O. A. – Candidate of Medical Sciences, Doctoral Student of the Department of Anatomy, Clinical Anatomy and Operative Surgery, Bukovynian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

E-mail: koval190488@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9434-8213>

Khmara T. V. – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Human Anatomy named after M. G. Turkevich, Bukovynian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine.

E-mail: khmara.tv.6@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4699-6600>

Стаття надійшла до редакції 15.06.2024

© О. А. Коваль, Т. В. Хмара

