

УДК 616.728.8:611.018](045)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15674/0030-59872019213-17>

Гістологічні зміни плантарної пластинки капсули плюсне-фалангового суглоба в пацієнтів із метатарзалгією

О. А. Турчин, А. В. Григоровська, А. П. Лябах, О. О. Коструб

ДУ «Інститут травматології та ортопедії НАМН України», Київ

The plantar plate of the lesser toes is wide, strong and flexible fibro-cartilaginous structure of a rectangular or trapezoidal shape, passing from the plantar surface of the metatarsal neck to the base of the proximal phalanx. It is believed that degenerative changes of the plantar plate that occur during long-term cyclic overloads are the main cause of pain and the development of metatarsalgia. Objective: analysis of the plantar plate histology results in patients with metatarsalgia. Methods: 16 lesser metatarsophalangeal joint plantar plates of the 9 patients (2 were males, 7 were females with average age of (65.28 ± 10.32) years) with metatarsalgia were obtained for histology assessment (the second metatarsophalangeal joint plantar plates were 12, the third — 4). 8 plantar plate after lesser toe exarticulation, 8 — after resection arthroplasty were obtained. Fragments of plantar plate with proximal phalanx were selected for histology. Paraffin sections were analyzed with bright-field light microscopy (Olympus CX-41). Grades of severity of morphology were evaluated by VAS. Results: the material in plantar plate biopsies was represented by fragments of pathologically altered connective tissue, changes in the regularity and density of collagen fibers, the appearance of blood vessels, a combination of loose connective tissue and dense connective tissue; subtotal and total fibronecrosis with complete degeneration of the fibrous-cartilage structure of the entheses. Conclusions: histological changes of the plantar plate in patients with metatarsalgia are characterized by an irreversible dystrophic-degenerative process in the fibrous-cartilage structure of the entheses, which morphologically corresponds to non-specific enthesopathy. Key words: plantar plate, metatarsalgia, foot, fibrous-cartilage entheses, histology.

Плантарная пластинка капсулы плюсне-фалангового сустава — широкое, крепкое и гибкое фиброзно-хрящевое образование прямоугольной или трапецевидной формы, проходящее от плантарной поверхности шейки плюсневой кости до основания проксимальной фаланги. Считается, что дегенеративные изменения в ней, возникающие при длительных циклических перегрузках, являются основной причиной болевого синдрома и развития метатарзалгии. Цель: анализ результатов гистологического исследования плантарной пластинки капсулы плюсне-фалангового сустава у пациентов с метатарзалгией. Методы: изучено 16 образцов тканей плантарной пластинки капсулы плюсне-фаланговых суставов 9 пациентов (2 мужчин, 7 женщин, средний возраст $(65,28 \pm 10,32)$ года) с метатарзалгией, из них второго — 12, третьего — 4. Материал получен во время экзартикуляции у пациентов с фиксированным молоткообразным пальцем — 8 случаев, резекционной артропластики — 8. Для гистологического исследования отбирали фрагменты плантарной пластинки с участком проксимальной фаланги. Препараты изучали в проходящем свете в микроскопе Оуптрус CX-41. Градации выраженности морфологических показателей оценивали согласно визуально-аналоговой шкале. Результаты: материал в биоптатах плантарной пластинки был представлен фрагментами патологически измененной соединительной ткани с нарушением регулярности и плотности коллагеновых волокон. Отмечено появление сосудов, сочетание рыхлой и плотной соединительной ткани; субтотальный и тотальный фибронекроз с полным перерождением фиброзно-хрящевой структуры энтезиса. Выводы: гистологические изменения плантарной пластинки капсулы плюсне-фалангового сустава у пациентов с метатарзалгией характеризуются необратимым дистрофически-дегенеративным процессом в фиброзно-хрящевой структуре энтезиса, который морфологически соответствует неспецифической энтезопатии. Ключевые слова: плантарная пластинка, метатарзалгия, стопа, фиброзно-хрящевой энтезис, гистологическое исследование.

Ключові слова: плантарна пластинка, метатарзалгія, стопа, фіброзно-хрящовий ентезис, гістологічне дослідження

Вступ

Плантарна пластинка (ПП) капсули плесно-фалангового суглоба (ПФС) є анатомічною структурою у вигляді товстого, широкого, міцного та гнучкого фіброзно-хрящового утворення прямокутної або трапецієподібної форми, яке починається від плантарної поверхні шийки плеснової кістки та кріпиться до основи проксимальної фаланги [1, 2].

Гістологічно ПП є фіброзно-хрящовим ентезисом, до якого приєднані сухожилки, зв'язки та дистальні волокна підошовної фасції [3–5].

За даними літератури, окремі зони ентезису ПП відрізняються за клітинним складом, мають різні механічні властивості та функціональне призначення [5]. Колагенові волокна центральної та периферичної частин ПП орієнтовані поздовжньо та є продовженням волокон підошовної фасції. Така неперервність забезпечує функціонування «лебідкового» механізму, який найбільше виражений у першому ПФС, а найменше — у п'ятому. На рівні глибокої підошовної міжплеснової зв'язки волокна ПП орієнтуються поперечно та звужуються дистально. Із цього місця ПП стає подібною до зв'язки з огляду на збільшення кількості фібробластів та зменшення хондроцитів [5].

На думку J. Apostolakis і співавт. [3], такий різновид ентезису здатний піддаватись дегенеративним змінам. Найчастіше дегенерація ентезису відбувається в місці прикріплення до проксимальної фаланги, що за умов розриву ПП спричинює її зміщення [1, 3, 6]. Наразі доведено, що ПП є основною стабілізуючою структурою ПФС [2, 7–9].

Більшість авторів вважають, що дегенеративні зміни ПП капсули ПФС, які виникають під впливом тривалого циклічного перевантаження, є основною причиною больового синдрому та розвитку метатарзалгії, а аваскулярність центральної частини ПП сповільнює її регенерацію в разі хронічного перевантаження [4, 5, 10, 11].

Анатомічні особливості ПП вивчені достатньо детально [4], натомість гістологічні зміни ПП капсули ПФС у разі метатарзалгії в сучасній літературі не висвітлені в повному обсязі. На нашу думку, вивчення патологічної гістології ПП може наблизити до розуміння патофізіології метатарзалгії та з'ясування низки дискусійних питань її хірургічного лікування.

Мета роботи: аналіз результатів гістологічного дослідження плантарної пластинки капсули плесно-фалангового суглоба в пацієнтів із метатарзалгією.

Матеріал і методи

Матеріалом для дослідження стали 16 зразків тканин ПП капсули ПФС 9 осіб із метатарзалгією: другого — 12, третього — 4. Матеріал отримано під час екзартикуляції в пацієнтів із фіксованим молоткоподібним пальцем — 8 випадків, резекційної артропластики ПФС — 8. Усі хворі проходили стаціонарне лікування в ДУ «ІТО НАМН України». Їхній середній вік становив $(65,28 \pm 10,32)$ року (від 45 до 74), чоловіків було 2, жінок — 7. Використання даних з історій хвороби проведено з урахуванням вимог комітету з біоетики ДУ «ІТО НАМН України» (протокол № 2 від 09.04.2013).

До дослідження не включали пацієнтів із цукровим діабетом, системними ураженнями кісток і травматичним анамнезом переднього відділу стопи.

Для гістологічного дослідження відбирали фрагменти ПП разом із ділянкою проксимальної фаланги (рис. 1). Проводили звичайну гістологічну обробку: зразки тканин фіксували в 10 % розчині нейтрального формаліну (рН 7,4) протягом 24 год, промивали в проточній воді, вирізали відповідні ділянки. Препарати зневоднювали шляхом проведення через спирти зростаючої міцності та заливали в парафін. На ротаційному мікромомі виготовляли серійні гістологічні зрізи завтовшки 5 мкм, які забарвлювали гематоксиліном та еозином. Препарати вивчали в світловому мікроскопі Olympus CX-41. Градації вираженості морфологічних показників оцінювали за візуалізовано-аналоговою шкалою від низького до високого ступеня на збільшенні 100×.

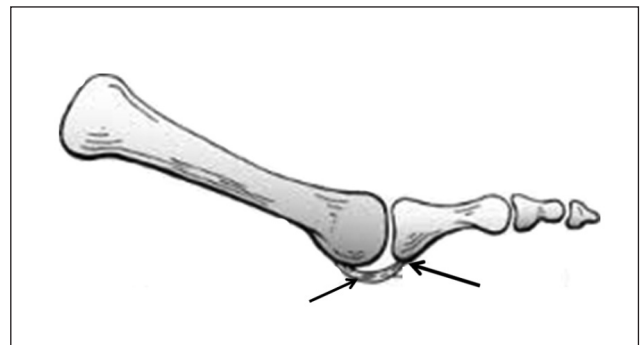


Рис. 1. Схематичне зображення ділянки забору ПП капсули ПФС

Результати та їх обговорення

Матеріал у біоптатах плантарної пластинки являв фрагменти патологічно зміненої сполучної тканини з тонкостінними кистами, ділянками стромально-дистрофічних змін і набряку. Регулярно траплялись дрібні ділянки грануляційної тканини, подекуди — зі зкупченням фібринозного ексудату (рис. 2, а).

Пухка сполучна тканина навколо щільної була слабо базofilною, що свідчить про дистрофічні зміни міжклітинної речовини за типом мукоїдного та фібриноїдного набухання з дрібно-осередковими некрозами та нещільними мононуклеарними інфільтратами. На периферії біоптатів траплялись васкуліти дрібних судин з облітерацією їхнього просвіту. У випадках вираженої метатарзалгії в ПП переважали фіброзні, стромально-дистрофічні та запальні (мінімальної активності) зміни щільної сполучної тканини неоднорідної будови. Серед щільних пучків колагенових волокон виявляли дрібні ділянки їхньої вираженої

перебудови, вогнища кистоутворення, численні інтерстиційні фібронекрози та слабо виражену проліферацію фіброblastів (рис. 2, б, 3). Волокниста тканина була гіпоцелюлярною, містила фіброblastи різного ступеня зрілості з нормохромними ядрами, які формували короткі та довгі пучки.

Серед описаних тканин траплялись інкапсульовані дрібні зкупчення геморагічних пігментів (гематоїдин) і подрібнені звапнені фрагменти хрящової тканини, що може бути наслідком мікродеструкції суглобового хряща (рис. 4). У глибших шарах власної пластинки відмічали фіброзування дрібних судин і периваскулярної сполучної тканини. Також спостерігали ділянки значного розривлення структури перитендинію, з різким набряком, помірно підвищеною проліферативною активністю юних незрілих фіброblastів і слабо вираженою мононуклеарно-макрофагальною інфільтрацією.

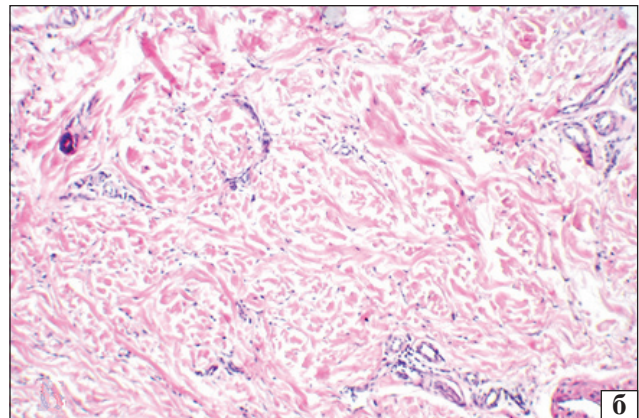
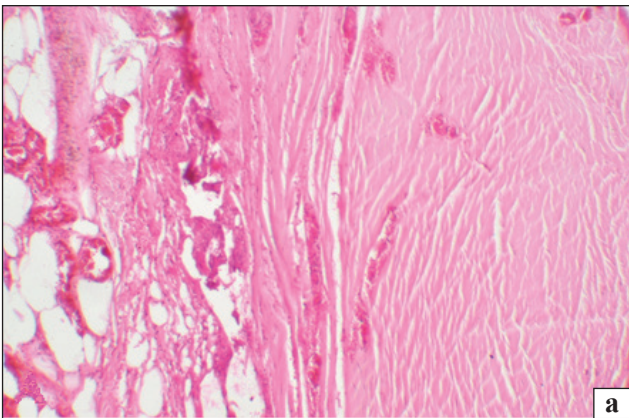


Рис. 2. Проліферація тонковолокнистої сполучної тканини на фоні значного набряку з невеликою кількістю стромы. Матрикс рихлий, із міксоматозом, волокна матриксу досить тонкі (а); розростання незрілої фіброзної тканини, дрібні судини, склероз і виражена колагенізація пучків (б). Гематоксилін та еозин, зб. 32

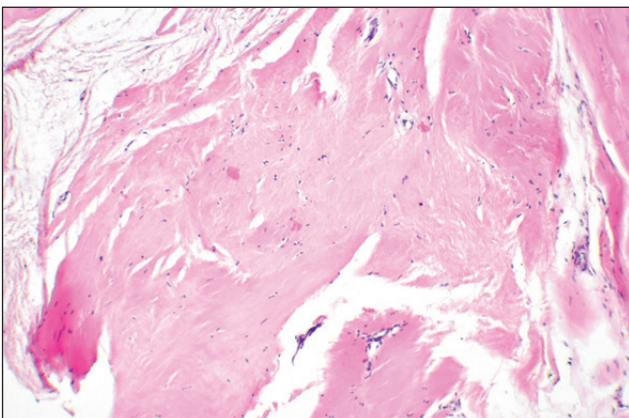


Рис. 3. Щільна сполучна тканина з осередками інтерстиційних фібронекрозів. Гематоксилін та еозин, зб. 32

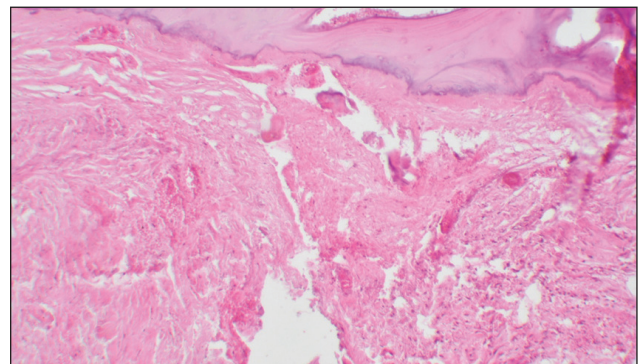


Рис. 4. Дистрофічно-дегенеративні зміни щільної сполучної тканини у вигляді субтотального фібронекрозу, запальної інфільтрації мононуклеарами низького ступеня вираженості. Гематоксилін та еозин, зб. 32

За даними небагатьох морфологічних досліджень, гістологічні зміни ПП за умов метатарзалгії характеризуються заміщенням волокнисто-хрящової структури іншими тканинами, зміною регулярності та щільності колагенових волокон, появою судин, поєднанням пухкої та щільної сполучної тканини [12].

Отримані нами результати також демонструють поступове розростання незрілої фіброзної тканини, склероз і виражену колагенізацію пучків, субтотальний або тотальний фібрoneкроз. Наведені зміни морфологічно відповідають неспецифічній ентезопатії низької активності з вогнищами дистрофії матриксу тканини ПП та фіброзуванням.

Ж. Л. Cook і співавт. [13] виділили три стадії тендино-/ентезопатії. Реактивна стадія — запальна проліферативна реакція клітин і матриксу, що може виникати після гострого або хронічного перевантаження. У цій стадії відбувається потовщення сухожилка або його ентезису, забезпечуючи підвищення жорсткості та зниження стресу. Стадія негативної регенерації — репаративна реакція в тканині сухожилка або ентезису шляхом збільшення кількості хондроцитів і міофіброblastів, підвищення синтезу протеогліканів і колагену. Це спричиняє дезорганізацію матриксу, що за певних умов обумовлює перехід до стадії дегенеративної тендино-/ентезопатії. Характерним є збільшення дегенеративних змін матриксу та клітин, розширення ділянок некрозу, зниження вмісту колагену.

С. Thomopoulos і співавт. [14] також виділяють три стадії, відповідно до яких регенерація фіброзно-хрящового ентезису пов'язана з формуванням на місці ушкодження рубцевої тканини, яка значно слабша та схильна до повторних ушкоджень.

У проведеному нами дослідженні гістологічна картина патологічних змін ПП ілюструє наслідки гострих і хронічних дисциркуляторних порушень у фіброзній тканині з персистуванням набряку та неповною організацією ділянок фібрoneкрозів, що в деяких випадках за розміром можна охарактеризувати як тотальні вогнища некрозу щільної оформленої сполучної тканини. Узагальнення отриманих даних дає змогу стверджувати, що зміни ПП капсули ПФС відповідають таким у разі ентезопатії фіброзно-хрящового ентезису. Незаперечною перевагою проведеного дослідження є дослідження ПП за умов метатарзалгії на операційному матеріалі, що дозволило верифікувати доопераційний клініко-інструментальний діагноз.

Недоліком роботи є невелика кількість досліджених зразків і відсутність інформації щодо гістологічних змін ПП капсули ПФС у пацієнтів із початковими проявами метатарзалгії.

Висновки

Гістологічні зміни ПП капсули ПФС у хворих на метатарзалгію характеризуються незворотніми дистрофічно-дегенеративними порушеннями фіброзно-хрящової структури ентезису, які морфологічно відповідають неспецифічній ентезопатії. Описані зміни можуть бути наслідком хронічного травматичного впливу.

Конфлікт інтересів. Автори декларують відсутність конфлікту інтересів.

Список літератури

1. Cooper M. T. Sequential dissection for exposure of the second metatarsophalangeal joint / M. T. Cooper, M. J. Coughlin // *Foot & Ankle International*. — 2011. — Vol. 32 (3). — P. 294–299. — DOI: 10.3113/FAI.2011.0294.
2. Jastifer J. R. Metatarsophalangeal joint instability of the lesser toes: review and surgical technique / J. R. Jastifer, M. J. Coughlin // *SA Orthopaedic Journal*. — 2014. — Vol. 13 (2). — P. 35–41.
3. The enthesis: a review of the tendon-to-bone insertion / J. Apostolakis, T. Durant, C. Dwyer [et al.] // *Muscle, Ligaments and Tendons Journal*. — 2014. — Vol. 4 (3). — P. 333–342.
4. Nery C. Etiology, Clinical assessment, and surgical repair of plantar plate tears / C. Nery, H. Umans, D. Baumfeld // *Seminars in Musculoskeletal Radiology*. — 2016. — Vol. 20 (2). — P. 204–212. — DOI: <http://dx.doi.org/10.1055/s-0036-1581114>.
5. Metatarsophalangeal joint stability: a systematic review on the plantar plate of the lesser toes / N. M. Maas, M. Grinten, W. M. Bramer [et al.] // *Journal of Foot and Ankle Research*. — 2016. — Vol. 9. — Article ID: 32. — DOI: 10.1186/s13047-016-0165-2.
6. Anatomic plantar plate repair using the Weil metatarsal osteotomy approach / L. Weil Jr., W. Sung, L. S. Weil Sr., K. Malinoski // *Foot & Ankle Specialist*. — 2011. — Vol. 4 (3). — P. 145–150. — DOI: 10.1177/1938640010397342.
7. Doty J. F. Metatarsophalangeal joint instability of the lesser toes and plantar plate deficiency / J. F. Doty, M. J. Coughlin // *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. — 2014. — Vol. 22 (4). — P. 235–245. — DOI: 10.5435/JAAOS-22-04-235.
8. MRI of lesser metatarsophalangeal joint plantar plate tears and associated adjacent interspace lesions / H. Umans, R. Srinivasan, E. Elsinger, G. E. Wilde // *Skeletal Radiology*. — 2014. — Vol. 43 (10). — P. 1361–1368. — DOI: 10.1007/s00256-014-1920-8.
9. Plantar plate pathology: a review article / M. Ringwood, P. Pham, A. Kreplick, M. Maier // *MedCrave Online Journal of Orthopaedics & Rheumatology*. — 2016. — Vol. 6 (6). — Article ID: 00241. — DOI: 10.15406/mojor.2016.06.00241.
10. Microvasculature of the plantar plate using nano-computed tomography / F. T. Finney, A. McPheters, N. V. Singer [et al.] // *Foot & Ankle International*. — 2019. — Vol. 40 (4). — P. 457–464. — DOI: 10.1177/1071100718816292.
11. Besse J. L. Metatarsalgia / J. L. Besse // *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*. — 2017. — Vol. 103 (1S). — P. S29–S39. — DOI: 10.1016/j.otsr.2016.06.020.
12. Sonography of plantar plates in cadavers: correlation with MRI and histology / J. M. Gregg, M. Silberstein, T. Schneider [et al.] // *The American Journal of Roentgenology*. —

2006. — Vol. 186 (4). — P. 948–955. — DOI: 10.2214/AJR.04.1481.
13. Cook J. L. Is tendon pathology a continuum? A pathology model to explain the clinical presentation of load-induced tendinopathy / J. L. Cook, C. R. Purdam // *British Journal of Sports Medicine*. — 2009. — Vol. 43 (6). — P. 409–416. — DOI: 10.1136/bjism.2008.051193.
14. Thomopoulos S. The development and morphogenesis of the tendon-to-bone insertion — what development can teach us about healing / S. Thomopoulos, G. M. Genin, L. M. Galatz // *The Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*. — 2010. — Vol. 10 (1). — P. 35–45.

Стаття надійшла до редакції 02.05.2019

HISTOLOGICAL CHANGES OF THE PLANTAR PLATE IN PATIENTS WITH METATARSALGIA

O. A. Turchin, A. V. Grigorovskaya, A. P. Lyabakh, O. O. Kostrub

SI «Institute of Traumatology and Orthopaedics of the NAMS of Ukraine», Kyiv

✉ Olena Turchin, PhD in Traumatology and Orthopaedics: olenaturch@gmail.com

✉ Anastasiya Grigorovskaya: a.grygorovska@gmail.com

✉ Andriy Lyabakh, MD, Prof. in Traumatology and Orthopaedics: anliabakh@gmail.com

✉ Oleksandr Kostrub, MD, Prof. in Traumatology and Orthopaedics: akostrub@ukr.net