

Хірургічне лікування молоткоподібної деформації пальців стопи (огляд літератури)

Д. В. Прозоровський *

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

Мета роботи – ґрунтуючись на результатах аналізу фахової літератури, показати еволюцію хірургічного лікування молоткоподібної деформації пальців стопи та визначити методики її лікування, що застосовують найчастіше.

Матеріали та методи. Проаналізовано публікації з пошукової системи Google, електронних баз PubMed, Google Scholar, архівів спеціалізованих журналів та інших релевантних джерел наукової медичної інформації.

Результати. Розвиток хірургічного лікування молоткоподібної деформації пальців стопи описано в історичному аспекті, охарактеризовано його сучасний стан. Проаналізували особливості втручань на м'яких тканинах: сухожилках, капсулі плеснефалангового суглоба та підшовній пластинці. Наведено огляд оперативних втручань на кістковому апараті: фалангах пальців і плеснових кістках, поєднання цих хірургічних втручань. Визначили недоліки сучасних оперативних втручань, їхні переваги та перспективи наступних досліджень щодо вдосконалення хірургічної допомоги під час лікування молоткоподібної деформації пальців стопи.

Висновки. Дискутабельним залишається питання щодо вибору методу хірургічної корекції: на рівні фаланг пальців або плеснових кісток, доцільність поєднання цих втручань із відновленням цілісності підшовної пластини та сухожилковими пластиками. Актуальним є продовження досліджень у цьому напрямі, що сприятиме оптимізації вибору методу корекції молоткоподібної деформації пальців стопи.

Ключові слова:
молоткоподібна
деформація пальців
стопи, хірургічне
лікування.

Запорізький
медичний журнал.
2023. Т. 25, № 5(140).
С. 461-466

*E-mail:
Prozorovskiy1973@
gmail.com

Surgical treatment of hammertoe deformity (a literature review)

D. V. Prozorovskiy

Aim. To trace developmental origins of surgical treatment of hammertoe deformity and determine the most commonly used methods of its correction based on the published literature analysis.

Material and methods. Publications from Google search, electronic databases PubMed, Google Scholar, archives of specialized journals and other relevant sources of scientific and medical information were analyzed.

Results. The article covers the developmental origins of surgical treatment of hammertoe deformity both in the historical aspect and at the current level. Attention is paid to soft tissue procedures including tendons, metatarsophalangeal joint capsule, and plantar plate. An overview of operative interventions on the bone apparatus, phalanges and metatarsal bones and the combination of these surgeries is also presented in the article. The disadvantages of the existing surgical treatments, their advantages and the ways for forthcoming research concerning the improvement of surgical care in the treatment of hammertoe deformity are identified.

Conclusions. The choice of a particular method of surgical correction between the phalangeal or metatarsal level, the feasibility of combining these interventions with restoring the integrity of the plantar plate and tendon reconstruction, remains debatable. Further study on these issues is a crucial task today for choosing the optimal method of hammertoe deformity correction.

Key words:
hammertoe
deformity, surgical
treatment.

Zaporozhye
medical journal,
2023. 25(5), 461-466

Вивчаючи проблему лікування статичних деформацій переднього відділу стопи, наголошують, що більшість авторів зосереджуються саме на лікуванні вальгусної деформації першого пальця, але поза увагою залишається не менш складна патологія – деформація 2–4 пальців стопи.

Мета роботи

ґрунтуючись на результатах аналізу фахової літератури, показати еволюцію хірургічного лікування молоткоподібної деформації пальців стопи та визначити методики її лікування, що застосовують найчастіше.

Матеріали і методи дослідження

Проаналізовано публікації з пошукової системи Google, електронних баз PubMed, Google Scholar, архівів спеціалізованих журналів та інших релевантних джерел наукової медичної інформації.

Результати

Деформації малих пальців (2–4) на фоні статичних викривлень переднього відділу стопи визначають у 24–85 % дорослого населення [1,2]. Пацієнти з цією патологією скаржаться на болючі викривлення на вершині міжфалангових суглобів, що спричиняють проблеми під час вибору взуття (не лише модельного, але й навіть ортопедичного). Врешті це призводить до малорухливості, негативно впливає на професійне та побутове життя [1,3]. Коли молоткоподібні деформації прогресують, у пацієнтів з'являються симптоми метатарзалгії (біль по підшовній поверхні стопи у проекції голівки плеснових кісток) [4]. Це пов'язано з опущенням дистальних метаепіфізів плеснових кісток у підшовний бік, що призводить до утворення болючих натоптишів на підшві.

Незважаючи на накопичений досвід лікування пацієнтів зі статичними деформаціями переднього відділу стопи, ортопеди досі не мають єдиного погляду щодо дефініції деформацій малих пальців стопи [5,6,7]. Так,

у 1883 р. А. Blum уперше використав термін «молоткоподібний палець» (англ. hammer toe) та описав його як деформацію пальця стопи в дорзоплантарній площині, коли він схожий на шию лебедя [8]. Дещо пізніше S. Shattock визначив молоткоподібну деформацію як «суглоб між першою та другою фалангами, зігнутий під прямим кутом, а між другою і третьою фалангами – трохи перерозігнутий» [9].

Отже, в разі типового молоткоподібного пальця проксимальна фаланга розігнута, середня – нахилена до підшви, а дистальна може бути помірно розігнутою до тилу або перебуває в середньфізіологічному положенні. При цьому на тильній поверхні проксимального міжфалангового суглоба визначають змозолілість *heloma durum* (англ. corn) [2], під нею – слизова сумка, в якій внаслідок постійного тертя зі взуттям періодично виникає запалення. Так розвиваються незворотні зміни в суглобах пальців стопи з формуванням фіксованої молоткоподібної деформації [10].

Згідно з інформацією, що надана Американською асоціацією хірургів стопи і над'ячково-гомількового суглоба (AOFAS), деформація в міжфаланговому суглобі включає молоткоподібне викривлення пальця (супроводжується розгинальною контрактуєю плеснефалангового суглоба, згинальною контрактуєю проксимального міжфалангового суглоба та дисфакту), а також кігтеподібну деформацію (проявляється розгинальною контрактуєю плеснефалангового суглоба, згинальною контрактуєю обох міжфалангових суглобів), молоточкову деформацію, або палець-молоточок (діагностують згинальну контрактуру в дистальному міжфаланговому суглобі пальця) [11].

Методики корекції цих деформацій залишаються предметом наукової дискусії. Пропонують і консервативні, і хірургічні способи лікування цієї патології. Консервативні доцільно застосовувати на ранніх етапах формування цих деформацій, але, на жаль, вони лише паліативні. Основний метод лікування молоткоподібних деформацій 2–4 пальців стопи – хірургічний. Частота втручань, що виконуються на малих пальцях стопи (2–4), становить 28–48 % від усіх операцій на стопі [12,13,14].

Історія лікування цих деформацій стопи починається в XIX столітті, коли А. Post (1882 рік) для корекції молоткоподібного пальця рекомендував артропластичну резекцію голівки проксимальної фаланги [15], а W. Anderson (1887 рік) запропонував методику видалення голівки основної фаланги деформованого пальця [16].

Нині в науковій літературі наведено чимало способів хірургічного лікування молоткоподібної деформації пальців стопи. Умовно розрізняють 3 основні групи операцій: на м'яких тканинах; на кістках; комбіновані (на м'яких тканинах і кістковому апараті).

Хірургічні втручання на м'яких тканинах включають операції на сухожилках згиначів / розгиначів пальців, а також різні варіанти капсулотомій.

Найпопулярнішою методикою хірургічної корекції молоткоподібної деформації пальців стопи з використанням сухожилкової пластики тривалий час залишалась операція Girgstone, що запропонована у 1947 році, модифікована Taylor у 1951 році [17]. Вона передбачає транспозицію сухожилків довгого згинача пальця

на сухожилки розгинача. Це хірургічне втручання мало неогані результати лікування, було досить популярним, тому неодноразово зазнавало різних модифікацій. Наприклад, Т. Е. Parrish розщеплював сухожилки довгого згинача [18], а G. T. Kuwada та G. L. Dockery проводили сухожилки довгого згинача на тильну поверхню проксимальної фаланги деформованого пальця [19]. Зауважимо, що цей вид хірургічного втручання разом з операціями на кістковому апараті використовують донині [20,21,22,23].

В останнє десятиліття ортопеди країн західної Європи та США стали приділяти увагу анатомічному відновленню підшовної пластини деформованого плеснефалангового суглоба під час лікування пацієнтів із молоткоподібною деформацією пальців [5,24,25]. Це втручання спрямоване на вшивання дефекту плантарної пластини, може бути виконане і з підшовного [26,27,28,29], і з тильного доступу [13,30,31,32,33]. Зазначимо, що тильний доступ має певну перевагу, бо відновлення підшовної пластини можна поєднувати з іншими втручаннями: подовженням сухожилків розгиначів та/або операцією на кісткових структурах (різні остеотомії). Здебільшого цей доступ не потребує додаткового розрізу. Власне операція з відновлення цілісності підшовної пластини є відносно новою в корекції молоткоподібною деформації пальців, а отже необхідні наступні дослідження віддалених результатів [14,34,35,36,37,38].

Наголосимо, що ізольовані хірургічні втручання на м'яких тканинах можна виконувати лише при початковому ступені захворювання та в разі неригідних молоткоподібних деформацій малих пальців стопи.

Операції на кістках. Хірургічні втручання на кістках виконують для усунення молоткоподібною деформації пальців. Зокрема їх здійснюють на фалангах пальців, плеснових кістках або поєднують.

Перші операції на фалангах пальців стопи для корекції молоткоподібною деформації виконані наприкінці XIX сторіччя. На початку XX століття завдяки німецькому хірургу Hohmann метод артропластичної резекції основної фаланги пальця став популярним [39], цю операцію, що названа на честь розробника, виконують і донині [40,41].

Альтернативою цьому хірургічному втручанню є операція артродезу проксимального міжфалангового суглоба в функціонально вигідному положенні. Вперше її виконав R. Soule у 1910 році [42]. У післяопераційному періоді автор використовував для фіксації пальця в положенні, що коригується, гіпсову іммобілізацію по тильній поверхні. У 1917 році R. Jones запропонував виконувати артродез проксимального міжфалангового суглоба, а в післяопераційному періоді фіксувати коригований палець м'якотканинною пов'язкою [43]. До часу, коли були розроблені металофіксатори, для остеосинтезу кісткових фрагментів деякі автори (S. Higgs (1931); C. Yang (1938) тощо) пропонували оригінальні методи скріплення фаланг, як-от «замок» [44,45]. У 1940 році R. Taylor для фіксації фаланг коригованого пальця під час артродезу проксимального міжфалангового суглоба запропонував використовувати спицю Кіршнер [46]. Досі цей метод трансартрикулярної фіксації коригованого пальця стопи є методом вибору більшості травматологів [47,48,49].

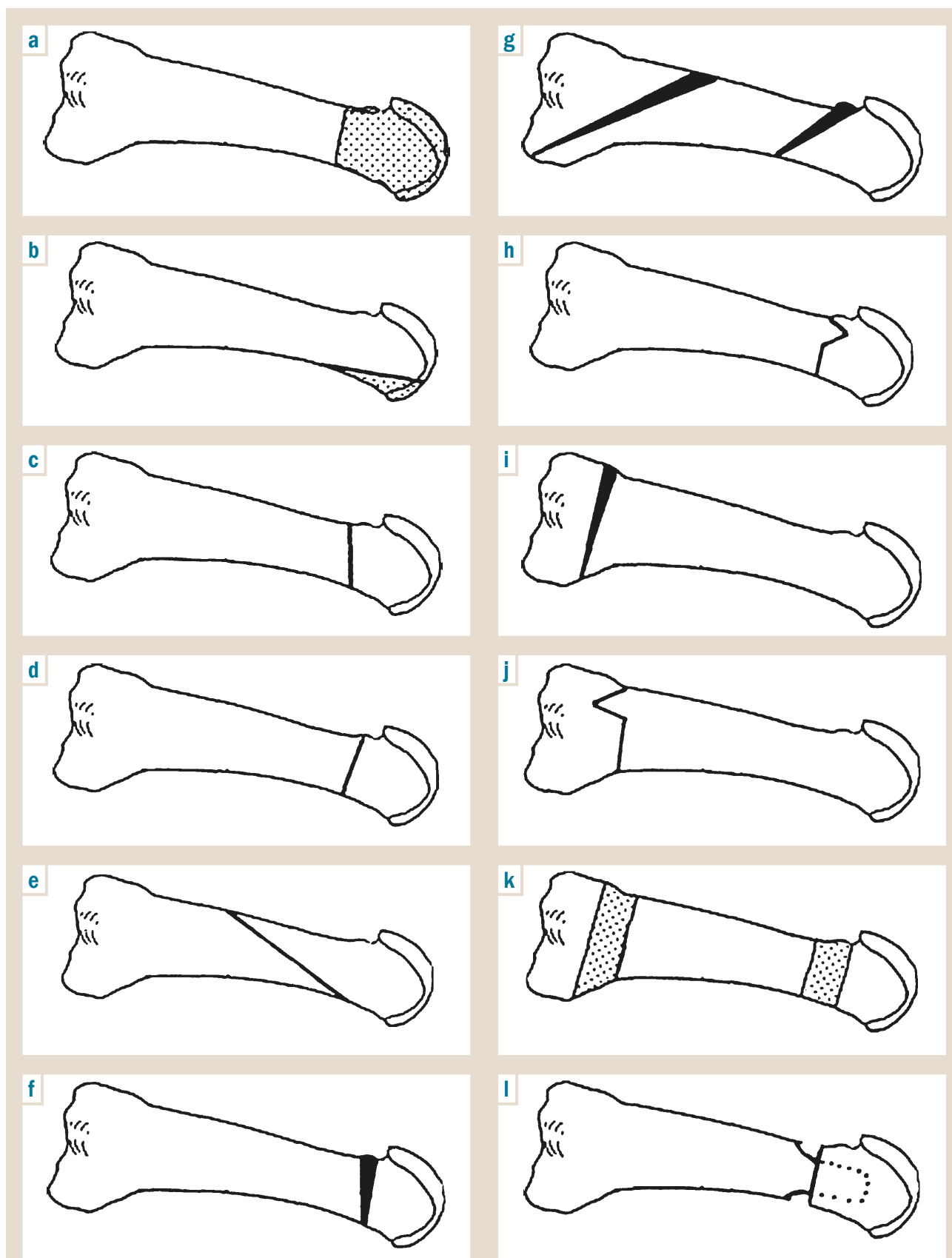


Рис. 1. Схематичне зображення різних остеотомій плеснової кістки.

a: операція Hohmann; **b:** операція Condylectomy; **c:** операція Osteoclas Addante; **d:** дистальна метафізарна остеотомія; **e:** остеотомія Helal; **f:** операція Borggren; **g:** Tilt-up остеотомія; **h:** V-остеотомія Jacoby; **i:** остеотомія Mau; **j:** проксимальна V-подібна остеотомія; **k:** операція Collectomy; **l:** операція Mc Keever [52].

Для корекції неригідної молоткоподібної деформації пальців, а також при метатарзалгії, що найчастіше супроводжує молоткоподібну деформацію пальців, більшість ортопедів виконують операції на плеснових кістках. Ці хірургічні втручання найчастіше мають дві мети: вкорочення плеснової кістки, а отже зменшення напруження м'якотканинних структур (сухожилків і капсули суглоба), та зміщення голівки плеснової кістки в тильному напрямі для усунення синдрому метатарзалгії.

Одним із перших цю операцію запропонував Нотманн у 1911 році (рис. 1). Тоді йшлося про резекцію голівки плеснової кістки для усунення молоткоподібної деформації пальця та проявів метатарзалгії. Втім, враховуючи величину кісткового дефекту після виконаної резекції, виникло чимало ускладнень, і надалі цю методику застосовували лише з обмеженнями (наприклад, при ревматоїдному артриті) [50,51].

Схематичне зображення найчастіше використовуваних остеотомій плеснової кістки для корекції молоткоподібної деформації та купірування метатарзалгії наведено на рис. 1.

Окремі з цих хірургічних втручань успішно застосовують донині. Так, при незначно вираженій метатарзалгії доволі успішно виконують операцію кондилектомії, що запропонована Du Vries у 1953 році [53], або Tilt-up остеотомію, рекомендована Wolf в 1973 році [54].

Для корекції молоткоподібної деформації пальців шляхом нормалізації біомеханіки плеснефалангового суглоба в 1975 році розроблено остеотомію Helal. Її виконували на рівні середнього та дистального відділів плеснової кістки в проксимально-дистальному напрямі. Дистальний кістковий фрагмент зміщували в проксимальний і тильний бік. Оригінальна методика не передбачала внутрішньої фіксації кісткових фрагментів, а пацієнтам дозволяли ходьбу на другу добу після операції в ортопедичному взутті. Це спричинило високий відсоток незадовільних результатів лікування [55,56].

Згодом після остеотомії Helal кісткові фрагменти плеснової кістки почали фіксувати за допомогою спиць і гвинтів [57].

Наприкінці минулого століття німецький ортопед Weil запропонував дистальну метадіафізарну остеотомію плеснової кістки, яку назвали на його честь. Операція передбачала виконання дистальної косої, що наближається до горизонтальної площини, остеотомії плеснової кістки в дистально-проксимальному напрямі. При цьому голівку плеснової кістки зміщували проксимально вздовж осі плеснової кістки під її діафізарний відділ [58,59,60]. Незважаючи на чимало позитивних результатів лікування молоткоподібної деформації пальців із проявами метатарзалгії, після остеотомії за Weil зафіксовано й незадовільні результати. Насамперед вони пов'язані з виникненням так званої перехідної метатарзалгії через порушення параболи Лільєвра [52,61,62]. Проте, незважаючи на зафіксовані ускладнення, нині остеотомія за Weil є однією з найпопулярніших хірургічних технік для корекції молоткоподібної деформації пальців стопи та лікування метатарзалгії [63,64,65,66].

Як і м'якотканинні оперативні втручання для корекції молоткоподібної деформації пальців стопи, операції на кістковому апараті здебільшого виконують ізольовано.

Найкращий функціональний результат мають комбінації різних елементів цих хірургічних технік.

Отже, різноманітна та варіабельна структура оперативних втручань, які розроблені для корекції молоткоподібної деформації пальців стопи, свідчить про складність патології, що спричинена цією деформацією. Вже не одне століття хірурги працюють над розробленням та удосконаленням методик хірургічних втручань при молоткоподібній деформації стоп, але досі не розроблено універсального способу хірургічної корекції цієї патології. Нині удосконалюють і м'якотканинні оперативні втручання, й операції на кістковому апараті. Актуальним залишається напрацювання оптимального алгоритму хірургічного лікування молоткоподібної деформації пальців стопи залежно від виду та ступеня цих деформацій.

Висновки

Питання щодо хірургічного лікування молоткоподібної деформації пальців стопи залишається відкритим. Зокрема, дискусійним залишається вибір оптимального методу хірургічної корекції: на рівні фаланг пальців або плеснових кісток, доцільність поєднання цих втручань із відновленням цілісності підшовної пластини та сухожилковими пластиками. Актуальним є продовження досліджень у цьому напрямі, що сприятиме оптимізації вибору методу корекції молоткоподібної деформації пальців стопи.

Конфлікт інтересів: відсутній.

Conflicts of interest: author has no conflict of interest to declare.

Надійшла до редакції / Received: 22.03.2023

Після доопрацювання / Revised: 21.04.2023

Прийнято до друку / Accepted: 05.05.2023

Відомості про автора:

Прозоровський Д. В., канд. мед. наук, старший науковий співробітник, відділ травматології опорно-рухової системи, ДУ «Інститут патології хребта та суглобів імені професора М. І. Ситенка НАМН України», м. Харків.
ORCID ID: 0000-0002-0469-747X

Information about the author:

Prozorovskiy D. V., MD, PhD, Senior Researcher, Musculoskeletal Trauma Research Department, Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of the Ukrainian National Academy of Medical Sciences, Kharkiv, Ukraine.

References

- Coughlin, M. J., & Thompson, F. M. (1995). The high price of high-fashion footwear. *Instructional course lectures*, 44, 371-377.
- Rodríguez-Sanz, D., Tovaruela-Carrión, N., López-López, D., Palomo-López, P., Romero-Morales, C., Navarro-Flores, E., & Calvo-Lobo, C. (2018). Foot disorders in the elderly: A mini-review. *Disease-a-Month*, 64(3), 64-91. <https://doi.org/10.1016/j.disamonth.2017.08.001>
- Golightly, Y. M., Hannan, M. T., Shi, X. A., Helmick, C. G., Renner, J. B., & Jordan, J. M. (2011). Association of foot symptoms with self-reported and performance-based measures of physical function: The Johnston County Osteoarthritis Project. *Arthritis Care & Research*, 63(5), 654-659. <https://doi.org/10.1002/acr.20432>
- Federer, A. E., Tainter, D. M., Adams, S. B., & Schweitzer, K. M. (2018). Conservative management of Metatarsalgia and lesser toe deformities. *Foot and Ankle Clinics*, 23(1), 9-20. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2017.09.003>

5. Akoh, C. C., & Phisitkul, P. (2018). Plantar plate injury and angular toe deformity. *Foot and Ankle Clinics*, 23(4), 703-713. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2018.07.010>
6. Deland, J. T., Sobel, M., Aronczyk, S. P., & Thompson, F. M. (1992). Collateral ligament reconstruction of the unstable metatarsophalangeal joint: An in vitro study. *Foot & Ankle*, 13(7), 391-395. <https://doi.org/10.1177/107110079201300705>
7. Schrier, J. C., Louwerens, J. W., & Verheyen, C. C. (2007). Opinions on lesser toe deformities among Dutch orthopaedic departments. *Foot & Ankle International*, 28(12), 1265-1270. <https://doi.org/10.3113/fai.2007.1265>
8. Blum, A. (1883). De l'orteil en marteau. *Bulletins et Mémoires de la Société Médicale des Hôpitaux de Paris*, 9, 738-745.
9. Shattock, S. G. (1887). Two examples of hammertoe. *Pathological Society of London*, 38, 449.
10. Harmonson, J. K., & Harkless, L. B. (1996). Operative procedures for the correction of hammertoe, claw toe and mallet toe: a literature review. *Clinics in Podiatric Medicine and Surgery*, 13(2), 211-220.
11. Clinical Practice Guideline Forefoot Disorders Panel, Thomas, J. L., Blitch, E. L., 4th, Chaney, D. M., Dinucci, K. A., Eickmeier, K., Rubin, L. G., Stapp, M. D., & Vanore, J. V. (2009). Diagnosis and treatment of forefoot disorders. section 1: Digital Deformities. *The Journal of foot and ankle surgery*, 48(2), 230-238. <https://doi.org/10.1053/j.fas.2008.12.003>
12. Dunn, J. E. (2004). Prevalence of foot and ankle conditions in a multiethnic community sample of older adults. *American Journal of Epidemiology*, 159(5), 491-498. <https://doi.org/10.1093/aje/kwh071>
13. McAlister, J. E., & Hyer, C. F. (2013). The direct plantar plate repair technique. *Foot & Ankle Specialist*, 6(6), 446-451. <https://doi.org/10.1177/1938640013502723>
14. Weil, L., Sung, W., Weil, L. S., & Malinoski, K. (2011). Anatomic plantar plate repair using the Weil metatarsal osteotomy approach. *Foot & Ankle Specialist*, 4(3), 145-150. <https://doi.org/10.1177/1938640010397342>
15. Post, A. (1882). Hallux valgus with displacement of the smaller toes. *Medical Record*, 22, 120-121.
16. Keilikian, H. (1965). *Hallux Valgus, Allied Deformities of the Forefoot and Metatarsalgia*. W. B. Saunders Corp.
17. Taylor, R. G. (1951). The treatment of claw toes by multiple transfers of flexor into extensor tendons. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 33B, 539-542. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.33B4.539>
18. Parrish, T. F. (1973). Dynamic correction of clawtoes. *Orthopedic Clinics of North America*, 4, 97-102.
19. Kuwada, G. T. (1988). A retrospective analysis of modification of the flexor tendon transfer for correction of hammer toe. *The Journal of foot surgery*, 27(1), 57-59. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3346511>
20. Donegan, R. J., & Caminear, D. (2016). Anatomic repair of plantar plate with flexor tendon sheath reinforcement. *Foot & Ankle Specialist*, 9(5), 438-443. <https://doi.org/10.1177/1938640016630057>
21. Ellis, S. J., Young, E., Endo, Y., Do, H., & Deland, J. T. (2013). Correction of multiplanar deformity of the second toe with metatarsophalangeal release and Extensor brevis reconstruction. *Foot & Ankle International*, 34(6), 792-799. <https://doi.org/10.1177/1071100713475433>
22. Hobizal, K. B., Wukich, D. K., & Manway, J. (2015). Extensor digitorum brevis transfer technique to correct multiplanar deformity of the lesser digits. *Foot & Ankle Specialist*, 9(3), 252-257. <https://doi.org/10.1177/1938640015617528>
23. Myerson, M. S., & Jung, H. (2005). The role of toe flexor-to-extensor transfer in correcting metatarsophalangeal joint instability of the second toe. *Foot & Ankle International*, 26(9), 675-679. <https://doi.org/10.1177/107110070502600903>
24. Cooper, M. T., & Coughlin, M. J. (2011). Sequential dissection for exposure of the second metatarsophalangeal joint. *Foot & Ankle International*, 32(3), 294-299. <https://doi.org/10.3113/fai.2011.0294>
25. Nery, C., Baumfeld, D., Umans, H., & Yamada, A. F. (2017). MR imaging of the Plantar Plate. *Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America*, 25(1), 127-144. <https://doi.org/10.1016/j.mric.2016.08.007>
26. Blitz, N. M., Ford, L. A., & Christensen, J. C. (2004). Second metatarsophalangeal joint arthrography: A Cadaveric Correlation Study. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, 43(4), 231-240. <https://doi.org/10.1053/j.fas.2004.05.009>
27. Cuccurullo, S. J. (2019). *Physical Medicine and Rehabilitation Board Review* (4th ed.). Demos Medical, an Imprint of Springer Publishing.
28. Khan, F., Kimura, S., Ahmad, T., D'Souza, D., & D'Souza, L. (2015). Use of smart toe® implant for small toe arthrodesis: A smart concept? *Foot and Ankle Surgery*, 21(2), 108-112. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2014.10.003>
29. Powell, E. G., Bowlby, M. A., & Christensen, J. C. (2019). Plantar Plate Repair via a Plantar Approach. In E. A. Cook, J. J. Cook (Eds.), *Hammertoes: A Case-Based Approach* (pp. 241-253). Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-16552-3>
30. Dalmau-Pastor, M., Fargues, B., Alcolea, E., Martínez-Franco, N., Ruiz-Escobar, P., Vega, J., & Golanó, P. (2014). Extensor apparatus of the lesser toes. *Foot & Ankle International*, 35(10), 957-969. <https://doi.org/10.1177/1071100714546189>
31. Kaz, A. J., & Coughlin, M. J. (2007). Crossover second toe: Demographics, etiology, and radiographic assessment. *Foot & Ankle International*, 28(12), 1223-1237. <https://doi.org/10.3113/fai.2007.1223>
32. Konkel, K. F., Menger, A. G., & Retzlaff, S. A. (2007). Hammer toe correction using an absorbable intramedullary pin. *Foot & Ankle International*, 28(8), 916-920. <https://doi.org/10.3113/fai.2007.0916>
33. Watson, T. S., Reid, D. Y., & Frerichs, T. L. (2014). Dorsal approach for plantar plate repair with Weil osteotomy. *Foot & Ankle International*, 35(7), 730-739. <https://doi.org/10.1177/1071100714536540>
34. Chalayan, O., Chertman, C., Guss, A. D., Saltzman, C. L., Nickisch, F., & Bachus, K. N. (2013). Role of plantar plate and surgical reconstruction techniques on static stability of lesser metatarsophalangeal joints. *Foot & Ankle International*, 34(10), 1436-1442. <https://doi.org/10.1177/1071100713491728>
35. Flint, W. W., Macias, D. M., Jastifer, J. R., Doty, J. F., Hirose, C. B., & Coughlin, M. J. (2016). Plantar plate repair for lesser metatarsophalangeal joint instability. *Foot & Ankle International*, 38(3), 234-242. <https://doi.org/10.1177/1071100716679110>
36. Jordan, M., Thomas, M., & Fischer, W. (2017). Nonoperative treatment of a lesser toe plantar plate tear with serial MRI follow-up: A case report. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, 56(4), 857-861. <https://doi.org/10.1053/j.fas.2017.02.016>
37. Klein, E. E., Weil, L., Weil, L. S., Coughlin, M. J., & Knight, J. (2013). Clinical examination of plantar plate abnormality. *Foot & Ankle International*, 34(6), 800-804. <https://doi.org/10.1177/1071100712471825>
38. Baker, J. R., Albright, R., Jameson, R., Chingre, M., Klein, E. E., Weil, L., & Fleischer, A. (2022). Treatment of lesser metatarsophalangeal joint instability with Plantar Plate Repair: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, 61(5), 1114-1118. <https://doi.org/10.1053/j.fas.2022.02.002>
39. Hohmann, G. (1922). Zur Technik der Hammerzehenoperation // *Archiv fuer Orthopaedische und Unfall-Chirurgie*, 20, 417-418. <https://doi.org/10.1007/BF02595905>
40. Borchgrevink, G., & Finsen, V. (2010). Reseksjon I Proksimale Falang Ved Hammertå. *Tidsskrift for Den Norske Lægeforening*, 130(21), 2116-2118. <https://doi.org/10.4045/tidsskr.09.0882>
41. Kramer, W. C., Parman, M., & Marks, R. M. (2015). Hammertoe correction with K-wire fixation. *Foot & Ankle International*, 36(5), 494-502. <https://doi.org/10.1177/1071100714568013>
42. Soule, R. E. (1910). Operation for the correction of hammer toe. *New York Medical Journal*, 41(13), 649-650.
43. Jones, R. (1917). *Notes on military orthopaedics*. PB Hoeber.
44. Higgs, S. L. (1931). Hammer-toe. *Postgraduate Medical Journal*, 6(68), 130-132. <https://doi.org/10.1136/pgmj.6.68.130>
45. Young, C. S. (1938). An operation for the correction of hammer-toe and claw-toe. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 20(3), 715-719.
46. Taylor, R. (1940). An operative procedure for the treatment of hammer-toe and claw-toe. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 22(3), 608-609.
47. Camasta, C. A., & Cass, A. D. (2008). Buried Kirschner wire fixation for hammertoe arthrodesis. *Podiatry Institute Update*, 2, 5-8.
48. Gueffi, M., Pantalone, A., Daniel, J. C., Vanni, D., Gueffi, M. G., & Salini, V. (2015). Arthrodesis of proximal inter-phalangeal joint for Hammertoe: Intramedullary Device Options. *Journal of Orthopaedics and Traumatology*, 16(4), 269-273. <https://doi.org/10.1007/s10195-015-0360-0>
49. Hood, C. R., Blacklidge, D. K., & Hoffman, S. M. (2016). Diverging dual intramedullary kirschner wire technique for arthrodesis of the proximal interphalangeal joint in Hammertoe Correction. *Foot & Ankle Specialist*, 9(5), 432-437. <https://doi.org/10.1177/1938640016640896>
50. Barouk, L. -S. (2005). *Forefoot reconstruction* (pp. 305-312). Springer Verlag.
51. Yamaguchi, S., Tanaka, Y., Shinohara, Y., Taniguchi, A., Sasho, T., Takahashi, K., & Takakura, Y. (2012). Anatomy of Hallux Valgus in rheumatoid arthritis: Radiographic analysis using a two-dimensional coordinate system. *Modern Rheumatology*, 23(4), 774-781. <https://doi.org/10.1007/s10165-012-0739-1>
52. Vincent, J. (1994). *Hallux valgus and forefoot surgery* (pp. 429-451). Churchill Livingstone.
53. Marx, R., & Mizel, M. S. (2007). Technique tip: A modified technique for plantar DuVries condylectomy. *Foot & Ankle International*, 28(12), 1301-1301. <https://doi.org/10.3113/fai.2007.1301>
54. Wolf, M. (1973). Metatarsal osteotomy for relief of painful meta-tarsal. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 55, 1760-1762.
55. Helal, B. (1975). Metatarsal osteotomy for metatarsalgia. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 57, 187-192.
56. Trnka, H. J., Kabon, B., Zettl, R., Kaider, A., Salzer, M., & Ritschl, P. (1996). Helal metatarsal osteotomy for the treatment of metatarsalgia: a critical analysis of results. *Orthopedics*, 19(5), 457-461. <https://doi.org/10.3928/0147-7447-19960501-17>

57. Muller, T., Dereymaecker, G., Victor, J., Stuer, P., & Fabry, G. (1994). Long-term functional results after the Helal osteotomy. *Foot Diseases*, 1, 69-77.
58. Besse, J. L. (2017). Metatarsalgia. *Orthopaedics & traumatology, surgery & research : OTSR*, 103(1S), S29-S39. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2016.06.020>
59. Leemrisje, T., Deleu, P. A., Devos Bevernage, B., Maldague, P., & Gombault, V. (2014). L'ostéotomie de Weil 0,25 ans. In J. Brilhaut, J. L. Besse, A. Rochwerger, J. A. Colombier (Eds.), *Monographie AFCP* (pp. 101-133).
60. Khurana, A., Kadamabande, S., James, S., Tanaka, H., & Hariharan, K. (2011). Weil osteotomy: Assessment of medium term results and predictive factors in recurrent metatarsalgia. *Foot and Ankle Surgery*, 17(3), 150-157. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2010.04.003>
61. Lelievre, J. (1967). *Pathologie du pied* (pp. 462-502). Paris, Masson et Cie.
62. Maestro, M., Besse, J., Ragusa, M., & Berthonnaud, E. (2003). Forefoot morphotype study and planning method for forefoot osteotomy. *Foot and Ankle Clinics*, 8(4), 695-710. [https://doi.org/10.1016/s1083-7515\(03\)00148-7](https://doi.org/10.1016/s1083-7515(03)00148-7)
63. Beech, I., Rees, S., & Tagoe, M. (2005). A retrospective review of the Weil metatarsal osteotomy for lesser metatarsal deformities: An intermediate follow-up analysis. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, 44(5), 358-364. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2005.07.002>
64. Devos Bevernage, B., Deleu, P., & Leemrijse, T. (2010). The translating Weil osteotomy in the treatment of an overriding second toe: A report of 25 cases. *Foot and Ankle Surgery*, 16(4), 153-158. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2009.08.003>
65. Sharma, D., Roy, N., & Shenolikar, A. (2005). Weil osteotomy of lesser metatarsals for metatarsalgia: A clinical and radiological follow-up. *The Foot*, 15(4), 202-205. <https://doi.org/10.1016/j.foot.2005.07.006>
66. Fleischer, A. E., Klein, E. E., Bowen, M., McConn, T. P., Sorensen, M. D., & Weil, L. (2020). Comparison of combination Weil metatarsal osteotomy and direct plantar plate repair versus Weil metatarsal osteotomy alone for forefoot metatarsalgia. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, 59(2), 303-306. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2019.08.023>