

УДК 617.3

DOI <https://doi.org/10.32689/2663-0672-2023-4-7>

Віталій МИГОВИЧ

лікар-рентгенолог Комунального некомерційного підприємства «Обласний клінічний центр нейрохірургії та неврології» Закарпатської обласної ради, вул. Капушанська, 24, м. Ужгород, Закарпатська область, Україна, індекс 88000 (vmihovich@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3566-2066>

Vitaliy MYHOVYCH

Radiologist at the Communal non-commercial enterprise "Regional Clinical Center of Neurosurgery and Neurology" of the Transcarpathian Regional Council, 24, Kapushanska St, Uzhhorod, Ukraine, postal code 88000 (vmihovich@gmail.com)

Бібліографічний опис статті: Мигович В. Аналіз ультразвукових критеріїв у діагностиці посттравматичних нейропатій: огляд сучасних методів та їх використання у клінічній практиці. *Сучасна медицина, фармація та психологічне здоров'я*. 2023. Вип. 4 (13). С. 42–46. DOI: <https://doi.org/10.32689/2663-0672-2023-4-7>

Bibliographic description of the article: Myhovich, V. (2023). Analiz ultrazvukovykh kryteriiv u diahnostytsi posttravmatychnykh neiropatii: ohliad suchasnykh metodiv ta yikh vykorystannia u klinichnii praktytysi [Analysis of ultrasound criteria in the diagnosis of post-traumatic neuropathies: an overview of modern methods and their use in clinical practice]. *Suchasna medytsyna, farmatsiia ta psykhohichne zdorovia – Modern medicine, pharmacy and psychological health*, 4 (13), 42–46. DOI: <https://doi.org/10.32689/2663-0672-2023-4-7>

АНАЛІЗ УЛЬТРАЗВУКОВИХ КРИТЕРІЇВ У ДІАГНОСТИЦІ ПОСТТРАВМАТИЧНИХ НЕЙРОПАТІЙ: ОГЛЯД СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ У КЛІНІЧНІЙ ПРАКТИЦІ

Анотація. Актуальність дослідження. В наш час вирішення питання вибору методу лікування посттравматичних нейропатій є досить актуальним. Незважаючи на їх високу поширеність, вони часто залишаються складними для діагностики та лікування в клінічній практиці.

Мета. Метою роботи був аналіз ультразвукових критеріїв відбору пацієнтів для консервативного чи хірургічного лікування при посттравматичних нейропатіях.

Матеріали і методи: проведено аналіз сучасних наукових джерел із доступних наукометричних баз даних.

Результати. Пошкодження периферичних нервів можуть сильно відрізнятися за причинами, тяжкістю та клінічними проявами. Залежно від локалізації, тяжкості та причини визначається тактика лікування: від консервативного медикаментозного лікування до різноманітних хірургічних втручань. Щоб уникнути подальшого ятрогенного пошкодження, вони потребують точної орієнтації та планування. В наш час для виявлення та діагностики посттравматичних нейропатій застосовуються різноманітні методи візуалізації, включаючи ультразвукове дослідження, комп'ютерну томографію, магнітно-резонансну томографію, а ефективність і точність зображень дуже різні і залежать від характеру і ступеня тяжкості травм. УЗД є більш цінним інструментом візуалізації для діагностики та лікування ушкоджень периферичних нервів. Його спроможність щодо режиму реального часу та високої роздільної здатності дозволяє ефективно провести безпечне та економічне сканування, яке допомагає оцінити ступінь травми та розрив нервів. Як у гострій, так і в хронічній фазах периферичної нейропатії (напів)кількісні вимірювання периферичного нерва можна поєднувати з різними сонографічними моделями його гістологічних компонентів. Гостру та хронічну компресію периферичного нерва можна розрізнити за допомогою ультразвукового зображення з високою роздільною здатністю. Ультразвукові дослідження є підґрунтям для інноваційних варіантів лікування, які покращують результати та якість життя пацієнтів із посттравматичними нейропатіями.

Висновки. Визначення ультразвукових критеріїв діагностики пацієнтів із посттравматичними нейропатіями дає можливість вибору оптимального методу консервативного чи хірургічного лікування.

Ключові слова: ультразвукова діагностика, посттравматичні нейропатії, нейропатичний біль, консервативне лікування, хірургічні методи лікування.

ANALYSIS OF ULTRASOUND CRITERIA IN THE DIAGNOSIS OF POST-TRAUMATIC NEUROPATHIES: AN OVERVIEW OF MODERN METHODS AND THEIR USE IN CLINICAL PRACTICE

Abstract. Background. Nowadays, the issue of choosing a method of treatment for post-traumatic neuropathies is quite relevant. This is the topic of our study. Despite their high prevalence, they often remain difficult to diagnose and treat in clinical practice.

Aim. The aim of the study was to analyze the ultrasound criteria for selecting patients for conservative or surgical treatment of posttraumatic neuropathies.

Materials and methods: analysis of modern scientific sources from available scientometric databases.

Results. *Peripheral nerve injuries can vary greatly in causes, severity, and clinical manifestations. Depending on the location, severity, and cause, treatment tactics may vary from conservative medical treatment to various surgical interventions. To avoid further iatrogenic damage, they require precise orientation and planning. Currently, a variety of imaging modalities are used to detect and diagnose post-traumatic neuropathies, including ultrasound, computed tomography, magnetic resonance imaging, and the efficiency and accuracy of the images vary greatly and depend on the nature and severity of the injuries. Ultrasound is becoming an increasingly valuable imaging tool for the diagnosis and treatment of peripheral nerve injuries. Its real-time capability and high resolution allows for efficient, safe, and cost-effective scanning that helps assess the extent of nerve injury and severity. In both the acute and chronic phases of peripheral neuropathy, (semi-)quantitative measurements of the peripheral nerve can be combined with various sonographic models of its histologic components. Acute and chronic peripheral nerve compression can be distinguished by high-resolution ultrasound imaging. Ultrasound has paved the way for innovative treatment options, improving the outcomes and quality of life of patients with post-traumatic neuropathies.*

Conclusions. *Determination of ultrasound criteria for the diagnosis of patients with post-traumatic neuropathies makes it possible to select the optimal method of conservative or surgical treatment.*

Key words: *ultrasound diagnostics, post-traumatic neuropathies, neuropathic pain, conservative treatment, surgical methods of treatment.*

Вступ. Пошкодження периферичних нервів відноситься до будь-якого пошкодження або травми нервів, розташованих поза центральною нервовою системою, наприклад у кінцівках або обличчі. Це може бути викликано різними факторами, включаючи фізичну травму, здавлення, запалення або захворювання. Такий стан може призвести до виникнення багатьох симптомів, включаючи біль, слабкість, оніміння та втрату функцій. Існують різні фактори, що спричиняють пошкодження периферичних нервів, починаючи від проникаючого поранення до компресії, розтягнення та ішемії, і можуть стати причиною низки клінічних проявів. Терапевтичні заходи можуть відрізнитися залежно від тяжкості, місця та причини травми. Візуалізація відіграє вирішальну роль у точній орієнтації та плануванні хірургічних втручань, а також у моніторингу прогресування травми та оцінці результатів лікування [1; 2]. Проте в літературі вивчаються кластери тестів, які дозволяють ідентифікувати та класифікувати пацієнтів для консервативного чи хірургічного лікування при посттравматичних нейропатіях.

Ультразвукове дослідження (УЗД) є безпечним і ефективним у часі неінвазивним методом візуалізації, який часто застосовують для діагностики та лікування пошкоджень периферичних нервів. У порівнянні з магнітно-резонансною томографією (МРТ) УЗД не тільки здатне представити зображення нервів у реальному часі, але й є більш доступним та економічним методом візуалізації [12]. Вирішення питання щодо визначення критеріїв у діагностиці посттравматичних нейропатій дозволить вибрати ефективну терапевтичну чи хірургічну тактику лікування цих пацієнтів і зменшити кількість невдач.

Мета. Метою роботи був аналіз ультразвукових критеріїв відбору пацієнтів для консервативного чи хірургічного лікування при посттравматичних нейропатіях.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для досягнення максимального позитивного результату лікування необхідно вчасно та правильно

визначити тактику консервативного лікування або необхідності хірургічного втручання у пацієнтів із посттравматичними нейропатіями. Саме для цього важливим етапом є проведення ранньої та точної діагностики нейропатій, визначення тривалості симптомів [9]. Вона здійснюється за допомогою УЗД, яке дозволяє оцінити периферичні нерви, площу поперечного перерізу з різними граничними значеннями в кістково-волокнистих тканинах, тунелях і поза ними [10; 11]. Крім УЗД, визначають клінічні симптоми, проводять фізичне обстеження та виявляють розмір травми. Велике значення має встановлення патофізіологічних змін та стадії стиснення нерва. На ранніх стадіях найбільш ефективним є консервативне лікування [9]. Варто усвідомлювати, що вибір тактики лікування для конкретного пацієнта, вчасне визначення необхідності хірургічного втручання, якісна передопераційна оцінка сприяють підвищенню ефективності лікування, прискорюють період одужання [12]. Травматичні ураження периферичних нервів (ТПНЛ) є важливою причиною довгострокової захворюваності. Для морфологічної оцінки периферичних нервів корисні МРТ та УЗД візуалізація. УЗД має осьову роздільну здатність приблизно 75 мкм (датчик 20 МГц), що краще, ніж у клінічних МР-сканерів [4]. Воно може окреслити анатомію окремих нервових пучків, периневрїю та епіневрїю. Часто таке дослідження може продемонструвати чітку межу між нормальною та аномальною нервовою тканиною, тоді як МРТ не може цього зробити. Використовуючи кольорову доплерівську візуалізацію, УЗД може чіткіше визначити псевдоаневризми порівняно з МРТ. Однак якість УЗД залежить від оператора і вимагає знань анатомії і тонких сонографічних даних, що включають структури розміром всього кілька міліметрів. З іншого боку, МРТ з використанням Т2-зважених послідовностей може забезпечити зображення периферичних нервів з високою роздільною здатністю, які відповідають УЗД за ступенем анатомічної деталізації та ступенем пошкодження (рис. 1).

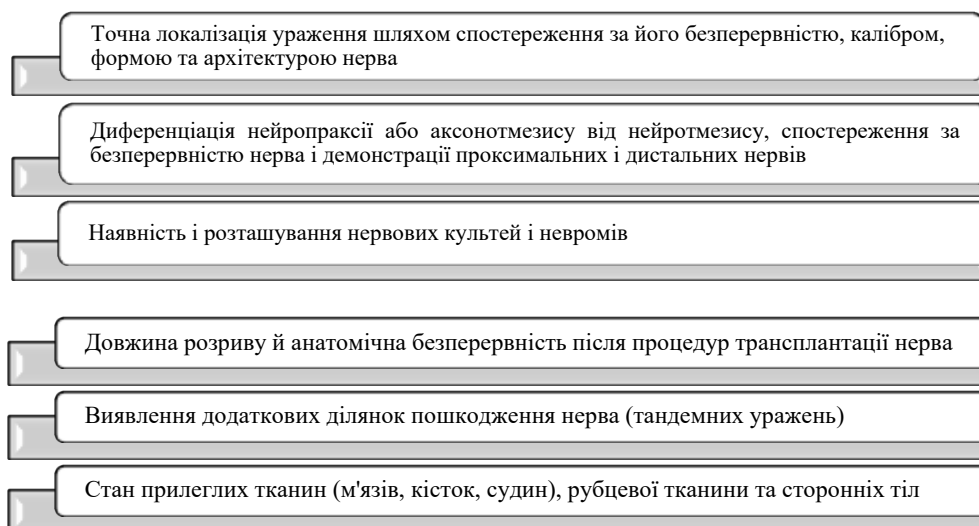


Рис. 1. Морфологічна інформація про місце пошкодження периферичного нерва за даними ультразвукової діагностики

В роботі було показано, що електродіагностично повне ТПНЛ за даними УЗД було виявлено у 45%, часткове – у 42% і демієлінізацію (нейрапраксію) – у 3% хворих, не вдалося підтвердити – у 10% пацієнтів. УЗД не виявило розриву нерва в жодного з пацієнтів із неповним ураженням нерва. Контакт нерва з остеосинтетичним матеріалом (ОСМ) виявлено у 24% із 143 пацієнтів, у 5 пацієнтів нерв не вдалося адекватно оцінити.

УЗД є найбільш корисним, коли потенційна інформація, яку воно надає, може суттєво вплинути на лікування пацієнта. Тому його рекомендують проводити всім пацієнтам з клінічно значущим ТПНЛ. Єдиними пацієнтами з ТПНЛ, які, ймовірно, не потребують проведення УЗД, є пацієнти з гострою тупою травмою. Вони мають або лише незначний клінічний дефіцит, або незначні/помірно виражені відхилення від норми за результатами ЕКГ.

Показано, що у гострих ситуаціях УЗД найефективніше при електродіагностично повному ТПНЛ для диференціації аксонотмезису нерва і нейротмезису. Факторами ризику нейротмезису є високошвидкісні травми, рвані рани і переломи кісток. У хронічних ситуаціях УЗД більш показано у випадках функціонально неефективної реіннервації, нейропатичного болю або прогресуючої нервової дисфункції. У таких пацієнтів необхідно ретельно дослідити навколишні тканини і зв'язок нерва з будь-яким остеосинтетичним матеріалом. УЗД, ймовірно, не потрібне пацієнтам із ТПНЛ після гострої тупої травми, за наявності лише незначних клінічних порушень та/або злегка/помірно аномальних результатів електродіагностики [5].

В дослідженні Mitra S., описано клінічний випадок блокади зірчастого ганглія під ультразвуковим контролем та імпульсної радіочастотної

абляції зірчастого ганглія у пацієнтки з посттравматичною нейропатичною масталгією, що призвело до значного і тривалого полегшення болю та поліпшення якості життя пацієнтки. Блокада зірчастого ганглія під ультразвуковим контролем є корисним методом лікування важкої, рефрактерної, важковилікової посттравматичної нейропатичної масталгії [6].

Тунельний синдром зап'ястя (ТСЗ) вперше був описаний 1854 року Педжетом як посттравматична невропатія променево-зап'ястного суглоба. Найбільш часто повідомлюваним ультразвуковим параметром, використовуваним для діагностики ТСЗ, є площа поперечного перерізу серединного нерва в проксимальному зап'ястному каналі. Згідно з науково обґрунтованими рекомендаціями, вимірювання площі поперечного перерізу серединного нерва на зап'ясті має докази рівня А для підтвердження діагнозу ТСЗ [8]. Існує широкий розкид заявлених значень площі поперечного перерізу при ультразвуковому дослідженні: від 9 до 14 мм², чутливість варіювала від 57-94%, а специфічність – від 57-98%. В одному метааналізі повідомлялося, що сукупна чутливість і специфічність ультразвукового дослідження для діагностики ТСЗ становили 77,6% (95% довірчий інтервал (ДІ) 71,6–83,6%) і 86,8% (95% ДІ 78,9–94,8%) відповідно. Середня точність діагностики становила 82,2%. На відмінності в діагностичній точності та порогових значеннях впливає не тільки тяжкість захворювання, а й розмір нерва, пов'язаний зі зростом, статтю, вагою, віком, расою та якістю візуалізації. Фактично – вікові, статеві та расові відмінності в розмірі нервів вивчені недостатньо. Діагностика ТСЗ покращилася при використанні співвідношення зап'ястя і передпліччя на відміну від діагнозу, встановленого

тільки на підставі одноразового вимірювання площі поперечного перерізу на рівні зап'ястя. У цьому дослідженні площі поперечного перерізу середнього нерва вимірювали на рівні зап'ястя і приблизно за 12 см проксимальніше зап'ястя. Співвідношення зап'ястя і передпліччя становило $2,1 \pm 0,5$ у пацієнтів із ТСЗ і $1,0 \pm 0,1$ у безсимптомних осіб. Співвідношення зап'ястя і передпліччя 1,4 або більше показало 100% чутливість для виявлення пацієнтів, які страждають на ТСЗ [7].

Повідомлялося, що медіанна жорсткість нерва і SWS були значно вищими у пацієнтів із ТСЗ порівняно з контрольною групою і часто супроводжувалися збільшенням ППС нерва. Ригідність також дає змогу точно диференціювати пацієнтів із тяжким CTS і пацієнтів із легким або помірним перебігом. Зсувнохвильова еластографія (SWE) використовує динамічну напругу для генерації поперечних хвиль у перпендикулярних напрямках (табл. 1).

Таблиця 1
**Методи зсувнохвильової еластографії (SWE)
для діагностики ТСЗ**

Метод	Показник
Зсувнохвильова еластографія (SWE), класифікована за методами збудження для генерації поперечних хвиль у тканині	Зовнішня механічна вібрація
	Одноточкове акустичне імпульсно-хвильове ультразвукове дослідження (ARFI) для точки SWE
	Множинно-точкове орієнтоване акустичне імпульсно-хвильове (ARFI) ультразвукове дослідження 2D SWE

Було показано, що УЗД можна використовувати для оцінки ступеня пошкодження, визначення повного чи неповного перерізання нерва, виявлення наявності гематом чи сторонніх тіл, оцінки рубцевої тканини навколо пошкоджень, а також визначення наявності невром. Крім того, УЗД ефективно застосовують інтраопераційно поруч із міс-

цем ушкодження для пацієнтів із проникаючими пошкодженнями периферичних нервів, починаючи від порізу склом і закінчуючи пострілом із вогнепальної зброї [2].

Використовуючи високочутливу кольорову/потужну доплерографію, ультразвук також може дозволити спостерігати крихітні судинні структури з уповільненим кровотоком. У результаті – УЗД може запропонувати точне візуальне уявлення про структуру поверхневих нервів, включаючи нервові пучки, міжпучковий епіневрій та епіфасцикулярний епіневрій [3].

Висновки. Отже, аналіз ультразвукових критеріїв у діагностиці посттравматичних нейропатій є важливим сучасним методом вибору тактики методу лікування. Спираючись на вищевикладене можна зробити висновок, що не потребують проведення УЗІ пацієнти з гострою тупою травмою з незначною клінічною картиною, або незначними відхиленнями від норми за результатами ЕКГ. У гострих випадках необхідно розглядати УЗД при електродіагностично повному ТПНЛ для диференціації між аксонотмезисом і нейротмезисом. Ургентні травми, рвані рани та переломи кісток призводять до нейротмезису. Для хронічних випадків УЗД використовують для нервів з функціонально неефективною реіннервацією, постійним болем та прогресуючим ураженням нерва. Для постановки діагнозу ТСЗ рекомендовано використовувати ультразвукову діагностику, спираючись на такі параметри, як площа поперечного перерізу середнього нерва в проксимальному зап'ястному каналі. Блокаду зірчастого ганглію під ультразвуковим контролем рекомендовано проводити для лікування важкої, рефрактерної, важковиліковної посттравматичної нейропатичної масталгії.

Перспективи подальших досліджень. В подальших наших наукових дослідженнях буде проведено оцінку ефективності консервативного та хірургічного лікування посттравматичних нейропатій.

Список використаних джерел:

1. A systematic review on diagnostic test accuracy of magnetic resonance neurography versus clinical neurosensory assessment for post-traumatic trigeminal neuropathy in patients reporting neurosensory disturbance / Van der Cruyssen F. et al. *Dento maxillo facial radiology*. 2021. Vol. 50. № 1. P. 20200103. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20200103>.
2. Imaging diagnosis in peripheral nerve injury / Dong Y. et al. *Frontiers in neurology*. 2023. Vol. 14. P. 1250808. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1250808>.
3. Histopathology and high-resolution ultrasound imaging for peripheral nerve (injuries) / Ricci V. et al. *Journal of neurology*. 2022. Vol. 269. № 7. P. 3663–3675. <https://doi.org/10.1007/s00415-022-10988-1>.
4. Innovations in Compressive Neuropathies. *Journal of hand surgery global online*. 2023. Vol. 5. № 4. P. 491. <https://doi.org/10.1016/j.jhsg.2023.05.007>.
5. Omejec G., Podnar S. Contribution of ultrasonography in evaluating traumatic lesions of the peripheral nerves. *Neurophysiologie clinique = Clinical neurophysiology*. 2020. Vol. 50. № 2. P. 93–101. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2020.01.007>.
6. Mitra S., Singh J., Jain K., Rathi U. Successful Management of Unilateral Post-traumatic Neuropathic Mastalgia: A Case Report. *Turkish journal of anaesthesiology and reanimation*, 2023. Vol. 51. № 1. P. 75–77. <https://doi.org/10.5152/TJAR.2023.21216>.
7. Yoshii Y., Zhao C., Amadio P. C. Recent Advances in Ultrasound Diagnosis of Carpal Tunnel Syndrome. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*. 2020. Vol. 10. № 8. P. 596. <https://doi.org/10.3390/diagnostics10080596>.

8. Schmid A. B., Fundaun J., Tampin B. Entrapment neuropathies: a contemporary approach to pathophysiology, clinical assessment, and management. *Pain reports*. 2020. Vol. 5. № 4. P. e829. <https://doi.org/10.1097/PR9.0000000000000829>.
9. Mallon S., Starcevic V., Rheinboldt M., Petraszko A. Sonographic evaluation of peripheral nerve pathology in the emergency setting. *Emergency radiology*. 2018. Vol. 25. № 5. P. 521–531. <https://doi.org/10.1007/s10140-018-1611-1>.
10. Quantitative Ultrasound Techniques Used for Peripheral Nerve Assessment / Jerban, S. et al. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*. 2023. Vol. 13. № 5. P. 956. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13050956>.
11. Gonzalez N. L., Hobson-Webb L. D. The Role of Imaging for Disorders of Peripheral Nerve. *Clinics in geriatric medicine*. 2021. Vol. 37. № 2. P. 223–239. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2021.01.001>.
12. Diagnostic performance of preoperative ultrasound for traumatic brachial plexus root injury: A comparison study with an electrophysiology study / Liu A. et al. *Frontiers in neurology*. 2023. Vol. 13. P. 1077830. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.1077830>.

References:

1. Van der Cruyssen, F., Peeters, F., Croonenborghs, T. M., Franssen, J., Renton, T., Politis, et al. (2021). A systematic review on diagnostic test accuracy of magnetic resonance neurography versus clinical neurosensory assessment for post-traumatic trigeminal neuropathy in patients reporting neurosensory disturbance. *Dento maxillo facial radiology*, 50(1), 20200103. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20200103>.
2. Dong, Y., Alhaskawi, A., Zhou, H., Zou, X., Liu, Z., Ezzi, S. H. A., et al. (2023). Imaging diagnosis in peripheral nerve injury. *Frontiers in neurology*, 14, 1250808. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1250808>.
3. Ricci, V., Ricci, C., Cocco, G., Gervasoni, F., Donati, D., Fari, G., Özçakar, L. (2022). Histopathology and high-resolution ultrasound imaging for peripheral nerve (injuries). *Journal of neurology*, 269(7), 3663–3675. <https://doi.org/10.1007/s00415-022-10988-1>.
4. Innovations in Compressive Neuropathies. (2023). *Journal of hand surgery global online*, 5(4), 491. <https://doi.org/10.1016/j.jhsg.2023.05.007>.
5. Omejec, G., Podnar, S. (2020). Contribution of ultrasonography in evaluating traumatic lesions of the peripheral nerves. *Neurophysiologie clinique = Clinical neurophysiology*, 50(2), 93–101. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2020.01.007>.
6. Mitra, S., Singh, J., Jain, K., Rathi, U. (2023). Successful Management of Unilateral Post-traumatic Neuropathic Mastalgia: A Case Report. *Turkish journal of anaesthesiology and reanimation*, 51(1), 75–77. <https://doi.org/10.5152/TJAR.2023.21216>.
7. Yoshii, Y., Zhao, C., Amadio, P. C. (2020). Recent Advances in Ultrasound Diagnosis of Carpal Tunnel Syndrome. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 10(8), 596. <https://doi.org/10.3390/diagnostics10080596>.
8. Schmid, A. B., Fundaun, J., Tampin, B. (2020). Entrapment neuropathies: a contemporary approach to pathophysiology, clinical assessment, and management. *Pain reports*, 5(4), e829. <https://doi.org/10.1097/PR9.0000000000000829>.
9. Mallon, S., Starcevic, V., Rheinboldt, M., Petraszko, A. (2018). Sonographic evaluation of peripheral nerve pathology in the emergency setting. *Emergency radiology*, 25(5), 521–531. <https://doi.org/10.1007/s10140-018-1611-1>.
10. Jerban, S., Barrère, V., Andre, M., Chang, E. Y., Shah, S. B. (2023). Quantitative Ultrasound Techniques Used for Peripheral Nerve Assessment. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 13(5), 956. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13050956>.
11. Gonzalez, N. L., Hobson-Webb, L. D. (2021). The Role of Imaging for Disorders of Peripheral Nerve. *Clinics in geriatric medicine*, 37(2), 223–239. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2021.01.001>.
12. Liu, A., Jia, X., Zhang, L., Huang, X., Chen, W., Chen, L. (2023). Diagnostic performance of preoperative ultrasound for traumatic brachial plexus root injury: A comparison study with an electrophysiology study. *Frontiers in neurology*, 13, 1077830. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.1077830>.