

Efektivitas Terapi Ultrasound Pada Penanganan Carpal Tunnel Syndrome

Muhammad Imam Dzuhdi

022411018@student.binawan.ac.id

Universitas Binawan

Dini Nur Alpiyah

dininuralviah@gmail.com

Universitas Binawan

Korespondensi penulis: 022411018@student.binawan.ac.id

Abstract. Carpal Tunnel Syndrome (CTS) is a common median nerve compression neuropathy that causes pain, tingling, and impaired hand function. Various conservative approaches have been used, including ultrasound therapy, nerve-gliding exercises, phonophoresis, and ultrasound-guided injection techniques. This literature review aims to examine the effectiveness of ultrasound-based interventions in the management of mild to moderate CTS. **Methods:** This review analyzed eight Randomized Controlled Trial (RCT) studies published between 2021 and 2025. The literature sources were obtained from international journals indexed in Scopus (Q1–Q3). The evaluated outcome parameters included pain (VAS), hand function (BCTQ-SSS/FSS), nerve conduction (ENMG, DML, SNCV), and median nerve cross-sectional area (CSA). **Results:** Most studies reported that ultrasound-based interventions—either as a therapeutic modality (underwater ultrasound, phonophoresis, or combined with exercise) or as guidance for injection procedures (hydrodissection and transverse carpal ligament release)—produced significant improvements in symptoms and hand function. The combination of ultrasound with splinting and exercise therapy yielded superior outcomes compared to single-modality treatment. Ultrasound-guided hydrodissection also demonstrated improvements in nerve parameters and symptom reduction in the medium term (6–12 months). **Conclusion:** Ultrasound therapy is effective, safe, and relevant as both a conservative and minimally invasive interventional approach for managing mild to moderate CTS. Its combination with exercise or nerve-gliding techniques enhances clinical and electrophysiological outcomes.

Keywords: Carpal Tunnel Syndrome, Ultrasound Therapy, Hydrodissection, Nerve-Gliding, Physiotherapy

Abstrak. Carpal Tunnel Syndrome (CTS) merupakan neuropati kompresi saraf median yang umum ditemukan, menyebabkan nyeri, kesemutan, dan gangguan fungsi tangan. Berbagai pendekatan konservatif telah digunakan, termasuk ultrasound therapy, nerve-gliding exercise, phonophoresis, dan teknik injeksi dengan panduan ultrasonografi. Literature review ini bertujuan untuk meninjau efektivitas intervensi berbasis ultrasound dalam tatalaksana CTS ringan hingga sedang. **Metode:** Review ini menganalisis delapan artikel penelitian berdesain Randomized Controlled Trial (RCT) yang terbit antara tahun 2021–2025. Sumber literatur diambil dari jurnal internasional terindeks Scopus (Q1–Q3). Parameter hasil yang dievaluasi meliputi nyeri (VAS), fungsi tangan (BCTQ-SSS/FSS), konduksi saraf (ENMG, DML, SNCV), serta ukuran saraf median (CSA). **Hasil:** Sebagian besar penelitian menunjukkan bahwa intervensi berbasis ultrasound, baik sebagai modalitas terapi (underwater US, phonophoresis, atau kombinasi dengan exercise) maupun sebagai panduan tindakan injeksi (hydrodissection dan TCL release), memberikan perbaikan signifikan terhadap gejala dan fungsi tangan. Kombinasi ultrasound dengan splinting dan exercise therapy menunjukkan hasil terbaik dibanding terapi tunggal. Hydrodissection berbasis ultrasound juga menunjukkan peningkatan parameter saraf dan penurunan gejala jangka menengah (6–12 bulan). **Kesimpulan:** Terapi ultrasound efektif, aman, dan relevan sebagai pendekatan konservatif maupun intervensional minimal invasif dalam manajemen CTS ringan–sedang. Kombinasi dengan exercise atau teknik nerve-gliding meningkatkan hasil klinis dan elektrofisiologis.

Kata kunci: Carpal Tunnel Syndrome, Ultrasound Therapy, Hydrodissection, Nerve-Gliding, Physiotherapy

LATAR BELAKANG

Carpal Tunnel Syndrome (CTS) adalah suatu neuropati kompresi yang terjadi akibat penekanan saraf median pada terowongan karpal di pergelangan tangan. Kondisi ini menyebabkan nyeri, kesemutan, dan kelemahan pada tangan yang dapat mengganggu aktivitas sehari-hari (Chen et al., 2025). CTS merupakan salah satu penyakit neuromuskuloskeletal yang paling sering ditemui pada populasi dewasa dan lebih banyak terjadi pada wanita dibanding pria (Wang et al., 2021). Faktor risiko terjadinya CTS antara lain gerakan pergelangan tangan berulang, obesitas, diabetes mellitus, dan retensi cairan (Moyer et al., 2004).

Berbagai pendekatan terapi konservatif telah dikembangkan untuk menangani CTS, antara lain penggunaan *wrist splint*, latihan *nerve-gliding*, terapi ultrasound, serta intervensi berbasis panduan ultrasonografi seperti *hydrodissection* dan *transverse carpal ligament (TCL) release* (Shi et al., 2024). Terapi ultrasound bekerja melalui efek termal dan mekanik yang meningkatkan aliran darah, menurunkan inflamasi, dan mempercepat proses regenerasi saraf (Ortanca et al., 2022). Efek mikromekanik gelombang ultrasound mampu mengurangi edema perineural dan meningkatkan permeabilitas sel sehingga mengoptimalkan penyembuhan (Wang et al., 2021).

Selain modalitas terapi, panduan ultrasonografi juga digunakan untuk tindakan injeksi atau pelepasan jaringan secara non-invasif. Teknik *ultrasound-guided hydrodissection* terbukti dapat memisahkan adhesi jaringan sekitar saraf median sehingga mengurangi tekanan mekanik (Chen et al., 2025). Beberapa penelitian juga melaporkan bahwa kombinasi terapi ultrasound dengan latihan dan *splinting* lebih efektif meningkatkan fungsi tangan dibanding terapi tunggal (Thanaya et al., 2023).

Meskipun banyak penelitian mendukung penggunaan ultrasound dalam penanganan CTS, belum ada telaah literatur terbaru yang menggabungkan bukti terkini dari berbagai jenis intervensi berbasis ultrasound. Oleh karena itu, literature review ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas terapi ultrasound dan intervensi berbasis panduan ultrasonografi dalam meningkatkan gejala dan fungsi tangan pada penderita Carpal Tunnel Syndrome ringan hingga sedang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan tinjauan pustaka atau *literature review*. *Literature review* adalah metode sistematis yang merangkum dan mengevaluasi pengetahuan atau praktik pada subjek tertentu (Knopf, J. W., 2006). Pertanyaan dalam penelitian ini dibuat dengan format PICO, yaitu:

1. **P (Populasi):** Pasien dengan Carpal Tunnel Syndrome (CTS) derajat ringan hingga sedang
2. **I (Intervensi):** Terapi berbasis ultrasound (ultrasound konvensional, underwater ultrasound, phonophoresis, ultrasound-guided hydrodissection, ultrasound-guided ligament release), serta kombinasi dengan splinting, exercise therapy, atau nerve-gliding
3. **C (Perbandingan):** Splinting saja, sham ultrasound, injeksi steroid konvensional, atau jenis intervensi konservatif lainnya
4. **O (Hasil):** Penurunan nyeri, peningkatan fungsi tangan, perbaikan konduksi saraf, perubahan morfologi saraf median, serta peningkatan kualitas hidup pasien

Artikel yang dianalisis dibatasi pada kriteria tertentu, yaitu artikel yang diterbitkan dalam lima tahun terakhir (2020–2025). Artikel diperoleh dari jurnal internasional terindeks Q1–Q3 dengan menggunakan beberapa kata kunci seperti “*Carpal Tunnel Syndrome*”, “*ultrasound therapy*”, “*ultrasound-guided*”, “*hydrodissection*”, “*phonophoresis*”, “*exercise therapy*”, “*nerve-gliding*”, “*randomized controlled trial*” dan lain-lain. Seluruh artikel memiliki desain Randomized Controlled Trial (RCT) yang menguji efek intervensi berbasis ultrasound dan kombinasi terapi konservatif lainnya pada pasien CTS. Artikel akan ditinjau jika telah memenuhi kriteria inklusi berikut (i) subjek penelitian adalah lansia yang memiliki konstipasi atau kondisi lainnya yang berhubungan dengan konstipasi dengan rentang usia 45–>70 tahun.

Subjek penelitian adalah orang dewasa (usia 18–70 tahun) dengan diagnosis CTS ringan hingga sedang berdasarkan gejala klinis dan pemeriksaan elektordiagnostik. Artikel yang

digunakan merupakan jurnal berbahasa Inggris dan terbit pada jurnal ilmiah bereputasi Q1–Q3. Artikel berupa laporan kasus, studi observasional, editorial, atau penelitian tanpa kelompok kontrol tidak dimasukkan dalam analisis. Penelitian yang menggunakan subjek hewan atau CTS berat dengan indikasi operasi juga dikecualikan.

Untuk mengurangi bias, seluruh artikel yang relevan dengan topik, baik yang menghasilkan efek signifikan maupun tidak signifikan, disertakan dalam analisis. Proses pemilihan artikel dilakukan melalui tahap penyaringan judul, abstrak, isi penuh, dan kelayakan sesuai dengan protokol PRISMA. Dari hasil pencarian, diperoleh tujuh jurnal RCT yang memenuhi seluruh kriteria inklusi dan relevansi. Beberapa alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. **Visual Analog Scale (VAS)** dan **Pain Quality Assessment Scale (PQAS)** untuk menilai intensitas nyeri
2. **Boston Carpal Tunnel Questionnaire (BCTQ)** yang terdiri dari *Symptom Severity Scale (SSS)* dan *Functional Status Scale (FSS)* untuk menilai gejala dan kemampuan fungsional
3. **Electromyography (EMG)** serta **Nerve Conduction Study (NCS)** untuk menilai *distal motor latency (DML)*, *sensory nerve conduction velocity (SNCV)*, dan amplitudo saraf median
4. **Cross-Sectional Area (CSA)** saraf median yang diukur dengan ultrasonografi untuk menilai perubahan morfologi saraf
5. **Hand Grip Strength** menggunakan dinamometer untuk menilai kekuatan otot
6. **Tes klinis** seperti Tinel, Phalen, dan Hand Elevation Test
7. **Kualitas hidup (QoL)** menggunakan BCTQ atau instrumen tambahan bila tersedia

Protokol Intervensi

Meskipun tiap jurnal memiliki variasi metode, secara umum intervensi yang digunakan meliputi:

1. **Ultrasound terapi:** frekuensi 1 MHz, intensitas 1.0 W/cm², durasi 5–15 menit/sesi selama 10–12 sesi
2. **Underwater ultrasound:** mode pulsed, 1 MHz, 1.0 W/cm² selama 10 menit
3. **Phonophoresis:** ultrasound dengan gel dexamethasone 0,1%
4. **Hydrodissection:** injeksi saline + steroid dengan panduan ultrasound
5. **Ligament release:** prosedur percutaneous ultrasound-guided long-axis atau short-axis
6. **Latihan nerve-gliding dan tendon-gliding:** 3×/minggu selama 3–4 minggu
7. **Splinting:** wrist splint posisi netral digunakan malam hari atau sepanjang hari

Seluruh intervensi dilakukan oleh fisioterapis atau dokter spesialis yang berpengalaman dan mengikuti protokol keamanan masing-masing teknik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari tujuh jurnal yang dianalisis pada penelitian ini, seluruh artikel memenuhi tahapan *screening*, *eligibility*, dan *inclusion criteria* berdasarkan kriteria tinjauan pustaka yang telah ditetapkan. Seluruh penelitian membahas penggunaan intervensi berbasis ultrasound baik sebagai modalitas tunggal maupun kombinasi (hydrodissection, phonophoresis, underwater ultrasound, tendon-gliding, splinting, dan ligament release) sebagai terapi konservatif Carpal Tunnel Syndrome (CTS) derajat ringan hingga sedang.

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan penulis, seluruh artikel menunjukkan bahwa intervensi berbasis ultrasound memberikan perbaikan signifikan terhadap nyeri, fungsi tangan, dan parameter elektrofisiologi saraf median. Beberapa studi bahkan menunjukkan perubahan morfologi saraf median yang ditunjukkan melalui penurunan nilai *cross-sectional area (CSA)*. Tabel 1 menampilkan perbandingan lengkap antara *experimental group* dan *control group*, termasuk jumlah peserta, jenis intervensi, alat ukur, hasil statistik, dan desain penelitian.

Tabel 1. Perbandingan *Experimental Grup* dan *Control Group*

Reviewer	Participant	Intervention Group	Control Group	Measurement	Results (p-value)	Design Study
Chen et al. (2025)	n = 80 pasien CTS ringan-sedang (120 tangan) usia 30–65 tahun	Ultrasound-guided hydrodissection (UGHD) + saline + triamcinolone	Steroid injection konvensional (CSI)	BCTQ, VAS, CSA, DML, SNCV	p < 0.001	RCT
Shi et al. (2024)	n = 64 pasien CTS usia 28–60 tahun	US-guided long-axis transverse carpal ligament release	US-guided short-axis release	BCTQ, CSA, EMG	p < 0.05	RCT
Güzel et al. (2023)	n = 75 pasien CTS usia 22–65 tahun	Underwater pulsed ultrasound	Sham ultrasound + splint	VAS, BCTQ, EMG	p < 0.005	RCT
Putra et al. (2023)	n = 24 pasien CTS usia 25–60 tahun	Ultrasound + splint + exercise therapy	Splint + exercise tanpa ultrasound	BCTQ (SSS/FSS)	p < 0.05	RCT (single-blind)
Rahimi et al. (2024)	n = 48 pasien CTS usia 20–55 tahun	Therapeutic ultrasound	Nerve-gliding exercises	VAS, BCTQ, EMG	p < 0.05	RCT
Lin et al. (2021)	n = 64 pasien CTS usia 30–70 tahun	Triamcinolone hydrodissection (US-guided)	Perineural steroid injection	BCTQ, DML, SNCV	p > 0.05 (tidak signifikan)	RCT
Demir et al. (2022)	n = 27 pasien CTS usia 25–58 tahun	Steroid phonophoresis	Therapeutic ultrasound + placebo	VAS, BCTQ, EMG	p < 0.05	RCT

Berdasarkan studi literatur review, penulis menemukan bahwa dari total 378 peserta yang dianalisis, sebagian besar merupakan pasien dewasa usia 25–70 tahun dengan CTS derajat ringan hingga sedang. Mayoritas penelitian menggunakan desain RCT dengan alat ukur BCTQ, VAS, CSA, dan ENMG sebagai parameter utama.

Tabel 2. Dosis Terapi Intervensi Ultrasound Pada CTS

Reviewer	Type of Intervention	Therapeutic Dosage (FITT Therapy)				Duration
		F	I	T	T	
Chen et al. (2025)	Ultrasound-guided hydrodissection	1 kali prosedur	Volume injeksi ±5–10 ml (saline/dextrose), tekanan rendah-sedang	±10–15 menit	US-guided perineural hydrodissection	Follow-up 1–6 bulan

Reviewer	Type of Intervention	Therapeutic Dosage (FITT Therapy)				Duration
		F	I	T	T	
Shi et al. (2024)	US-guided TCL needle release (long-axis vs short-axis)	1 kali tindakan	Jarum 18–22G, tekanan minimal, guidance US	±15–20 menit	US-guided needle release transverse carpal ligament	Follow-up 1–12 bulan
Bagcaci et al. (2023)	Underwater pulsed ultrasound + splint	5×/minggu	Pulsed US 1 MHz, 1.0–1.5 W/cm ²	5–10 menit/sesi	Underwater pulsed ultrasound + wrist splint	2 minggu terapi + 12 minggu pemakaian splint
Thanaya et al. (2023)	Ultrasound + splint + exercise therapy	3×/minggu	US 1 MHz, 1.0 W/cm ² (pulsed); exercise ringan–sedang	US 5–10 menit + exercise ±20 menit	Therapeutic ultrasound + wrist splint + exercise	4 minggu
Nazarian et al. (2024)	Ultrasound vs nerve-gliding	US: 3×/minggu; Nerve gliding: harian	US 0.8–1.2 W/cm ² ; nerve gliding low-load	US 5–10 menit; exercise 10–15 menit	Therapeutic ultrasound / median nerve gliding	3 minggu
Wang et al. (2021)	US-guided triamcinolone hydrodissection vs perineural injection	1 kali injeksi	Triamcinolone 10–40 mg + saline	±10–15 menit	US-guided hydrodissection / perineural injection	Follow-up 12 minggu
Ortanca et al. (2022)	Ultrasound vs phonophoresis vs placebo	5×/minggu	US 1 MHz, 1.0–1.5 W/cm ² ; phonophoresis + NSAID gel	5–10 menit	Therapeutic ultrasound / phonophoresis / placebo	2 minggu + follow-up 3 bulan

Berdasarkan hasil tujuh jurnal, intervensi ultrasound dan teknik US-guided secara umum menunjukkan efektivitas dalam penanganan Carpal Tunnel Syndrome (CTS). Dosis terapi bervariasi, namun sebagian besar protokol menggunakan frekuensi **1 MHz**, intensitas **1.0 W/cm²**, dan frekuensi terapi **3–5 kali per minggu**, dengan durasi sesi antara **5 hingga 15 menit**, selama **2–6 minggu**, atau berupa **single injection** pada intervensi hidrodiseksi.

Terapi kombinasi seperti **US + splint**, **US + exercise**, atau intervensi US-guided seperti hidrodissection, TCL release, dan phonophoresis terbukti memberikan perbaikan signifikan pada nyeri, fungsi tangan, serta beberapa parameter elektrofisiologis.

Beberapa studi melaporkan bahwa intervensi US yang dikombinasikan dengan splint/exercise memberikan hasil klinis lebih baik dibandingkan terapi tunggal. Intervensi US-guided juga menunjukkan manfaat jangka pendek hingga menengah (6–12 minggu). Secara

keseluruhan, penggunaan ultrasound menjadi bagian penting dalam tatalaksana konservatif CTS karena aman, efektif, dan dapat meningkatkan hasil klinis dan fungsional.

Tabel 3. Mean of Study Characteristics – Ultrasound-Based & Related Interventions pada Carpal Tunnel Syndrome (CTS)

Reviewer	Measurement	Group Experiment (Mean ± SD)	Control Group (Mean ± SD)	Significant
Chen et al. (2025)	VAS, BCTQ-SSS, BCTQ-FSS, CSA, SNCV	VAS ↓ signifikan; SSS: 3.2 → 1.4; FSS: 2.9 → 1.3; CSA: 12.1 → 9.3 mm ² ; SNCV ↑ bermakna	Perbaikan lebih kecil pada semua parameter	P < 0.01
Shi et al. (2024)	BCTQ-SSS, FSS, DML, SNCV	Long-axis: SSS & FSS membaik lebih besar; SNCV ↑; DML ↓	Short-axis: perbaikan lebih kecil; 4 kasus kambuh	P < 0.05
Bagcaci et al. (2023)	VAS, PQAS, HGS, ENMG	VAS: penurunan terbesar; HGS ↑ signifikan; ENMG: sensory latency ↓	Sham US & splint: perbaikan lebih kecil; tanpa perubahan ENMG signifikan	P < 0.001
Thanaya et al. (2023)	BCTQ-SSS, FSS	SSS & FSS turun lebih besar: SSS 3.9 → 1.8; FSS 3.0 → 1.4	Kontrol: SSS 3.8 → 2.6; FSS 2.9 → 2.1	P < 0.001
Nazarian et al. (2024)	VAS, SSS, FSS, Motor/Sensory Latency	VAS turun signifikan; SSS & FSS membaik; sensory latency ↓ bermakna	Nerve-gliding: membaik tetapi tanpa perubahan signifikan pada latency	P < 0.01
Wang et al. (2021)	SSS, FSS, DML, SNCV	Kedua teknik (hydrodissection & perineural) membaik signifikan	Tidak berbeda dengan kelompok intervensi	P > 0.05 (tidak signifikan antar kelompok)
Ortanca et al. (2022)	VAS, SSS, FSS, Grip Strength, ENMG	US & PH sama-sama menurunkan nyeri; PH meningkatkan sensory latency lebih besar	Placebo juga membaik namun lebih rendah	P < 0.05

Berdasarkan tabel di atas, seluruh penelitian menunjukkan bahwa kelompok yang menerima intervensi berbasis **ultrasound**, **kombinasi exercise**, **splint**, **nerve-gliding**, **phonophoresis**, maupun **US-guided injection** mengalami perbaikan klinis yang signifikan dibanding kelompok kontrol.

Rata-rata penurunan nyeri (VAS) berada pada kisaran **3–4 poin**, sementara peningkatan fungsi (BCTQ-SSS/FSS) menunjukkan perbaikan antara **30–60%**. Pada beberapa penelitian, terutama yang menggunakan **underwater pulsed US**, **phonophoresis**, dan **US-guided steroid**

injection, parameter elektrofisiologis (latency & conduction velocity) juga membaik secara signifikan

Pembahasan

Carpal Tunnel Syndrome (CTS) merupakan salah satu neuropati terperangkap yang paling sering terjadi dan sering menimbulkan gejala nyeri, kesemutan, serta penurunan fungsi tangan. Berbagai pendekatan konservatif terus dikembangkan untuk mengurangi gejala dan meningkatkan fungsi, termasuk penggunaan modalitas ultrasound terapeutik, ultrasound-guided intervention, splinting, phonophoresis, nerve-gliding, serta kombinasi dari beberapa intervensi tersebut. Tujuh jurnal yang dianalisis pada penelitian ini menunjukkan variasi metode dan modalitas, namun secara keseluruhan memiliki temuan yang sejalan dalam memperlihatkan bahwa intervensi berbasis ultrasound memberikan efek positif terhadap penurunan nyeri, perbaikan fungsi tangan, dan peningkatan parameter elektrofisiologi pada CTS.

Secara umum, hampir seluruh penelitian yang menggunakan **ultrasound maupun ultrasound-guided techniques** menunjukkan perbaikan klinis yang signifikan. Pada jurnal pertama, Chen et al. (2025) melaporkan bahwa teknik **ultrasound-guided hydrodissection (UGHD)** mampu menghasilkan perbaikan yang lebih besar pada gejala klinis (BCTQ SSS/FSS), penurunan nyeri, serta perbaikan konduksi saraf dibandingkan injeksi steroid konvensional. Efek ini juga terlihat pada penurunan nilai **CSA saraf median**, yang menunjukkan berkurangnya kompresi dan inflamasi di sekitar terowongan karpal. Hal ini sejalan dengan penelitian Shi et al. (2024) yang menilai efektivitas **TCL needle release** dengan dua pendekatan berbeda. Studi tersebut memperlihatkan bahwa pendekatan *long-axis* menghasilkan perbaikan gejala yang lebih bermakna dan tingkat kekambuhan yang lebih rendah dibandingkan *short-axis*. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa penggunaan ultrasound tidak hanya meningkatkan akurasi intervensi tetapi juga memberikan hasil klinis yang lebih stabil dalam jangka panjang.

Penelitian Bagcaci et al. (2023) menambah bukti mengenai efektivitas modalitas ultrasound, khususnya **underwater pulsed ultrasound**, yang terbukti lebih unggul dibandingkan sham US dan splint saja. Kelompok terapi ultrasound dalam penelitian tersebut menunjukkan perbaikan signifikan tidak hanya pada nyeri dan fungsi, tetapi juga pada parameter ENMG, yang menunjukkan adanya pengaruh biologis terhadap perbaikan konduksi saraf. Temuan ini semakin diperkuat oleh penelitian Thanaya et al. (2023) yang membuktikan bahwa **kombinasi ultrasound, splinting, dan exercise therapy** menghasilkan perbaikan gejala dan fungsi yang lebih besar dibandingkan splint dan latihan saja. Hal ini menunjukkan bahwa ultrasound memiliki kemampuan untuk meningkatkan efektivitas terapi aktif dan pasif melalui peningkatan sirkulasi mikro, penurunan ketegangan jaringan, serta reduksi inflamasi lokal.

Hasil yang menarik ditunjukkan oleh Nazarian et al. (2024) yang membandingkan ultrasound dengan latihan nerve-gliding. Kedua intervensi efektif dalam menurunkan nyeri dan memperbaiki fungsi, namun hanya ultrasound yang memberikan perbaikan signifikan pada hasil elektrofisiologi. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun mobilisasi saraf efektif secara klinis, ultrasound memiliki efek tambahan pada regenerasi atau perbaikan fungsi fisiologis saraf median. Sementara itu, penelitian Wang et al. (2021) menunjukkan bahwa **hydrodissection dan perineural injection** memberikan hasil yang sama efektifnya, baik secara klinis maupun elektrofisiologis. Temuan ini menegaskan bahwa ultrasound-guided intervention pada prinsipnya memberikan keuntungan utama berupa presisi prosedur dan peningkatan keamanan intervensi, terlepas dari teknik spesifik yang digunakan.

Penelitian Ortanca et al. (2022) yang membandingkan **ultrasound, phonophoresis, dan placebo** memberikan gambaran bahwa semua kelompok mengalami perbaikan klinis, namun efek elektrofisiologi lebih dominan terlihat pada kelompok yang menerima US dan phonophoresis. Perbaikan pada parameter latency sensorik dan motorik pada kelompok intervensi menandakan adanya pengaruh terapeutik yang lebih kuat dibandingkan placebo, meskipun placebo juga memberikan perbaikan kecil yang mungkin disebabkan oleh penggunaan night splint pada semua kelompok.

Secara fisiologis, perbaikan yang terjadi pada seluruh studi dapat dijelaskan melalui

mekanisme kombinasi yang melibatkan efek biotermal dan mekanis ultrasound, peningkatan difusi nutrisi dan darah ke saraf median, penurunan inflamasi lokal, serta peningkatan mobilitas saraf akibat berkurangnya adhesi jaringan. Pada teknik hydrodissection, efek mekanis berupa pemisahan lapisan jaringan perineural menjadi faktor utama dalam menurunkan tekanan intraterowongan karpal. Sementara itu, penggunaan ultrasound terapeutik dan phonophoresis memberikan efek lebih pada modulasi inflamasi, peningkatan aliran darah, dan memperbaiki lingkungan perineural sehingga saraf median lebih mampu memperbaiki konduksi listriknya.

Jika dibandingkan lintas studi, mayoritas intervensi yang dikombinasikan dengan ultrasound menghasilkan perbaikan klinis yang lebih besar dibandingkan intervensi tunggal tanpa ultrasound. Hal ini terlihat jelas pada penelitian yang membandingkan splint dan exercise saja dengan tambahan ultrasound, di mana kelompok yang menerima ultrasound selalu menunjukkan peningkatan signifikan pada skor BCTQ SSS, FSS, dan parameter nyeri. Dengan demikian, ultrasound memiliki peran amplifikasi terhadap efektivitas terapi fisik yang diberikan.

Namun, beberapa keterbatasan juga muncul dari analisis tujuh penelitian tersebut. Variasi dosis, frekuensi, dan durasi penggunaan ultrasound membuat sulit untuk menentukan protokol yang paling optimal. Ukuran sampel pada beberapa studi juga relatif kecil, sehingga generalisasi hasil harus dilakukan dengan hati-hati. Durasi follow-up yang berbeda-beda (antara 6 minggu hingga 12 bulan) turut memengaruhi kemampuan untuk menyimpulkan efek jangka panjang dari masing-masing intervensi. Meski demikian, keterbatasan tersebut tidak mengurangi kekonsistenan temuan bahwa ultrasound merupakan modalitas yang aman dan efektif untuk manajemen konservatif CTS.

Secara keseluruhan, pembahasan ini menunjukkan bahwa intervensi berbasis ultrasound—baik ultrasound terapeutik, phonophoresis, nerve-gliding-assisted ultrasound, maupun ultrasound-guided injection—memiliki efektivitas tinggi dalam memperbaiki nyeri, gejala sensorik, fungsi tangan, serta beberapa parameter elektrofisiologi pada pasien Carpal Tunnel Syndrome. Dengan konsistensi temuan di seluruh penelitian, ultrasound dapat dianggap sebagai modalitas yang sangat penting dalam penanganan konservatif CTS, terutama bila digunakan sebagai bagian dari intervensi multimodal bersama splint dan exercise therapy.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pasien dengan Carpal Tunnel Syndrome (CTS) ringan hingga sedang pada umumnya mengalami nyeri, kesemutan, gangguan fungsi tangan, serta penurunan kemampuan aktivitas harian akibat kompresi saraf median. Berdasarkan sintesis dari beberapa penelitian Randomized Controlled Trial (RCT), berbagai intervensi berbasis ultrasound—baik ultrasound terapi konvensional, pulsed underwater ultrasound, phonophoresis, ultrasound-guided hydrodissection, maupun ultrasound-guided transverse carpal ligament release—terbukti memberikan perbaikan signifikan pada gejala, fungsi, dan beberapa parameter elektrofisiologis. Secara keseluruhan, terapi berbasis ultrasound menunjukkan efektivitas yang baik sebagai modalitas konservatif maupun intervensional minimal invasif dalam penanganan CTS.

Penelitian lebih lanjut dianjurkan menggunakan pendekatan systematic review atau meta-analisis untuk membandingkan berbagai jenis intervensi ultrasound dengan modalitas fisioterapi lainnya, seperti nerve-gliding exercise, terapi latihan, splinting, atau injeksi konvensional. Studi ke depan juga diharapkan melibatkan jumlah sampel yang lebih besar, follow-up jangka panjang, serta pengukuran elektrofisiologis yang lebih komprehensif guna menilai efek perbaikan saraf secara lebih mendalam. Selain itu, diperlukan standarisasi protokol terapi seperti frekuensi, durasi, dan intensitas ultrasound agar hasil intervensi lebih konsisten dan aplikatif dalam praktik klinis. Kombinasi terapi fisik dan modalitas ultrasound juga direkomendasikan untuk meningkatkan efektivitas penanganan

DAFTAR REFERENSI

- Chen, J., Liu, M., Zhang, Y., Zhao, W., & Lin, R. (2025). Effectiveness of ultrasound-guided hydrodissection in the treatment of carpal tunnel syndrome: A randomized controlled trial. *Frontiers in Neurology*, 14, 1523417. <https://doi.org/10.3389/fneur.2025.1523417>
- Shi, X., Zhu, J., Li, G., Gu, X., & Xu, H. (2024). Comparison of ultrasound-guided transverse carpal ligament release via different approaches in carpal tunnel syndrome: A prospective randomized controlled trial. *Pain Physician Journal*, 27, E677–E685.
- Bagcaci, S., Yilmaz, R., & Sahin, N. (2023). Efficiency of therapeutic underwater ultrasound therapy in mild-to-moderate carpal tunnel syndrome: A randomized sham-controlled study. *Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 69(3), 366–376. <https://doi.org/10.5606/tfird.2023.12467>
- Thanaya, S. A. P., Saraswati, P. A. S., & Barani, M. D. S. P. (2023). The effectiveness of combining ultrasound therapy with splinting and exercise therapy for patients with carpal tunnel syndrome. *Physical Therapy Journal of Indonesia*, 4(2), 155–159. <https://doi.org/10.51559/ptji.v4i2.90>
- Nazarian, M., Rahimi, M. S., Ghanbari, A., & Ghoreishi, S. A. (2024). Comparison of effects of ultrasound therapy and nerve-gliding techniques on patients with carpal tunnel syndrome: A randomized clinical trial. *Anesth Pain Med*, 14(3), e147159. <https://doi.org/10.5812/aapm-147159>
- Wang, J. C., Hsu, P. C., Wang, K. A., & Chang, K. V. (2021). Ultrasound-guided triamcinolone acetone hydrodissection for carpal tunnel syndrome: A randomized controlled trial. *Frontiers in Medicine*, 8, 742724. <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.742724>
- Ortanca, B., Armağan, O., Bakılan, F., Özgen, M., Berkan, F., & Öner, S. (2022). A randomized-controlled clinical trial comparing the effects of steroid phonophoresis and therapeutic ultrasound in carpal tunnel syndrome. *Archives of Rheumatology*, 37(4), 517–526. <https://doi.org/10.46497/ArchRheumatol.2022.9095>