



Das Zwerchfell: Funktionsstörungen erkennen und wirksam behandeln mit Neuraltherapie und manueller Medizin

Hüseyin Nazlikul^{1,2,3,4} · Fatma Gülçin Ural⁵

¹ Faculty of Medicine, Department of Biophysics, Istanbul University of Health and Technology, Istanbul, Turkey

² International Federation of Medical Associations of Neural Therapy—IFMANT, Schattenhalb, Schweiz

³ Association for Manual Medicine, Pain and Regulatory Medicine, Istanbul, Turkey

⁴ Specialist in General Medicine - Pain Management - Medical Biophysics - Manual Medicine - Neural Therapy, Istanbul, Turkey

⁵ Faculty of Medicine, Department of Physical and Rehabilitation Medicine (PRM), Istanbul University of Health and Technology, Istanbul University of Health and Technology, Istanbul, Turkey

Zusammenfassung

Das Zwerchfell, ein zentraler Atemmuskel, spielt eine essenzielle Rolle bei der Atmung, der Stabilität des Rumpfes und der Regulation des intraabdominellen Drucks. Es nimmt eine zentrale Rolle in zahlreichen physiologischen Prozessen ein und beeinflusst sowohl die respiratorische als auch die systemische Gesundheit. Der vorliegende Artikel beleuchtet die klinische Vielfalt von Zwerchfelldysfunktionen und analysiert deren vielschichtige Ursachen, die von neurologischen Störungen bis hin zu mechanischen Einschränkungen reichen. Zwerchfelldysfunktionen stellen ein häufig übersehenes medizinisches Problem dar, das sich in Symptomen wie Dyspnoe, Schlafstörungen, chronischer Erschöpfung, gastroösophagealem Reflux und sogar Herzinsuffizienz manifestieren kann. Die Ursachen solcher Dysfunktionen sind vielfältig und umfassen u. a. chronischen Stress, myofasziale Triggerpunkte, Narbengewebe sowie mechanische Traumata, die zu Irritationen oder Funktionsstörungen des N. phrenicus führen können. Eine Beeinträchtigung des N. phrenicus resultiert nicht nur in einer eingeschränkten Atembewegung, sondern auch in einer gestörten Regulation des autonomen Nervensystems und der Organfunktionen. Die Kombination aus Neuraltherapie und manueller Medizin hat sich als ein vielversprechender therapeutischer Ansatz erwiesen. Gezielte Injektionen an myofaszialen Triggerpunkten und segmentale Therapien können Verklebungen lösen und die Zwerchfellfunktion signifikant verbessern. Die manuelle Diagnostik ermöglicht eine präzise Identifikation segmentaler Dysfunktionen und faszialer Restriktionen. Der integrative Charakter dieses Ansatzes besteht in der Berücksichtigung sowohl lokaler biomechanischer Dysfunktionen als auch der regulatorischen Potenziale des autonomen Nervensystems. Die Kombination der Neuraltherapie und manuellen Medizin eröffnet neue Perspektiven für die Behandlung dieser häufig fehldiagnostizierten und unterbewerteten Krankheitsbilder.

Schlüsselwörter

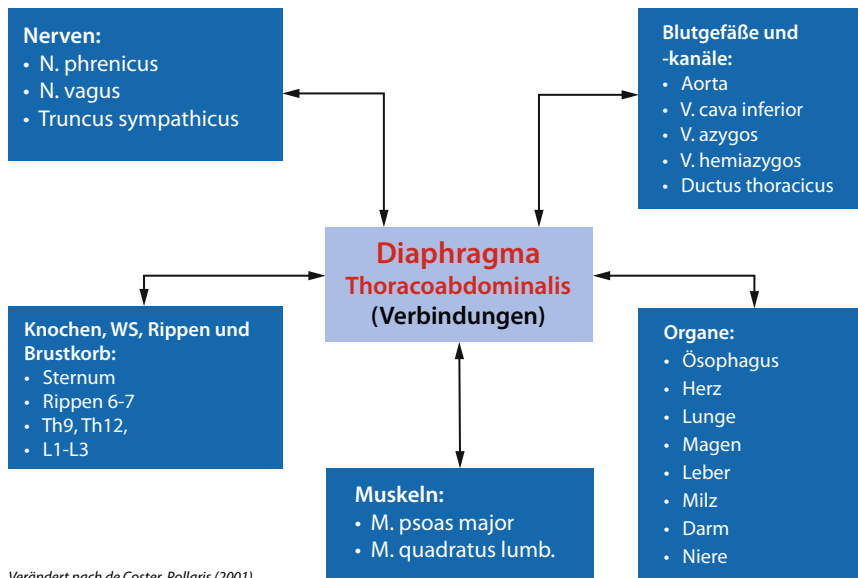
Phrenikusdysfunktion · Autonomes Nervensystem · Myofasziale Triggerpunkte · Chronischer Stress · Narbenstörungen

Zusatzmaterial online

Eine englische Version dieses Beitrags finden Sie online (<https://doi.org/10.1007/s00337-025-01210-0>).



Zusatzmaterial online – bitte QR-Code scannen



Verändert nach de Coster, Pollaris (2001)

Abb. 1 ▲ Anatomische Verbindungen und Beziehungen des Zwerchfells (Diaphragma thoracoabdominalis) zu verschiedenen Nerven, Blutgefäßen, Knochenstrukturen und Organen im menschlichen Körper. (Verändert nach de Coster u. Pollaris [11])

Einführung

In der wissenschaftlichen Literatur werden fünf verschiedene Zwerchfelltypen unterschieden [1]: Diaphragma sellae, Diaphragma oris, Diaphragma thoracoabdominalis, Diaphragma pelvis und Diaphragma urogenitalis. Der vorliegende Beitrag fokussiert auf das Diaphragma thoracoabdominalis [1]. Dieses manifestiert sich als kuppelförmige Platte aus Muskeln und Sehnen, die die Brusthöhle von der Bauchhöhle trennt. Sein Ursprung befindet sich an der unteren Öffnung der Brusthöhle

sowie an der Wirbelsäule, den Rippen und dem Brustbein [1, 2]. Das Zwerchfell ist der wichtigste Atemmuskel und wird vom N. phrenicus (Zwerchfellnerv) aus den Nervenwurzeln C2/3 bis C5/6 versorgt [3].

Funktionsstörungen des N. phrenicus sowie Bewegungseinschränkungen, die durch die mechanische Befestigung des Zwerchfells an der Brustwand durch Kontraktion verursacht werden, können zu einer Dysfunktion des Zwerchfells führen [1, 4].

Veränderungen der biomechanischen Eigenschaften durch übermäßige Dehnung des Abdomens und Unregelmäßigkeiten in der Faserstruktur des Zwerchfells können die Entwicklung einer hyperkapnischen respiratorischen Insuffizienz begünstigen und zu einer mechanischen Beatmung führen [5].

Die Zwerchfelldysfunktion geht mit respiratorischen Symptomen, insbesondere Dyspnoe, Schlafstörungen, Herzinsuffizienz, Belastungsintoleranz, Hypersomnie und in schwereren Fällen mit einem negativen Einfluss auf das Überleben einher [1, 6–8].

Das vorrangige Ziel dieses Beitrags besteht darin, die Zwerchfelldysfunktion als klinische Beobachtung zu erfassen, deren Ursachen zu definieren, die Krankheits-symptome zu bestimmen und invasive Diagnosekriterien für Patienten aufzustellen,

die in der klinischen Praxis oft nicht erkannt oder fälschlicherweise diagnostiziert werden. Darüber hinaus wird eine Kombination aus Neuraltherapie und manueller Medizin präsentiert. In diesem Zusammenhang stellt diese Arbeit eine Premiere dar.

Aufbau und Funktion des Zwerchfells

Während der inaktiven, ruhigen Einatmung findet eine minimale Veränderung der Kuppelform des Zwerchfells statt, und die Muskelbewegung bewirkt eine Verkürzung der Appositionszone, sodass sich das Zwerchfell wie ein Kolben nach kaudal bewegt. In der Folge steigt der Druck im Bauchraum und sinkt der Druck im Pleura-raum [10]. Dieser Druck wird auf die Lunge übertragen, was zu deren Ausdehnung und zur Kompression der Brustwand führt. Um diesen Effekt auszugleichen, erhöht sich der Druck in der Bauchhöhle, was wiederum zur Ausdehnung des Brustkorbs an der Verbindungsstelle führt. Gleichzeitig zieht sich das Zwerchfell in den unteren Rippen zusammen, was zur Öffnung des Brustkorbs beiträgt [3, 10].

Das Zwerchfell weist mehrere Öffnungen auf, durch die Strukturen aus dem Brustkorb in den Bauchraum gelangen können. Eine signifikante Öffnung befindet sich auf Höhe der acht Brustwirbel am rechten Hemidiaphragma, durch die die untere Hohlvene aus dem Bauchraum in den Brustkorb einzieht und sich mit dem rechten Vorhof verbindet. Zwischen den beiden Crura des Zwerchfells befindet sich in der hinteren Mittellinie eine Öffnung, der Hiatus aorticus. Durch diesen tritt die Aorta thoracica descendens vom Brustkorb in den Bauchraum ein, ebenso wie der Ductus thoracicus und die V. azygos, die beide vom Bauchraum in den Brustkorb eintreten. Der Hiatus oesophageus befindet sich zwischen den Fasern des rechten Crus des Zwerchfells und ermöglicht den Eintritt der Speiseröhre vom Brustkorb in den Bauchraum [2, 8, 9].

Das Zwerchfell wird von zwei Nn. phrenici versorgt, die aus den Halsnervenwurzeln C3 bis C6 entspringen und es primär unwillkürlich sowie bei Bedarf zusätzlich willkürlich steuern [2, 8]. Sowohl das rechte als auch das linke Hemidiaphragma wer-

Abkürzungen

A	Arterie
Abb.	Abbildung
BWS	Brustwirbelsäule
C	Zervikal
COPD	Chronisch obstruktive Lungenerkrankung
CT	Computertomographie
EMG	Elektromyographie
FAHKN	Femurkopfnekrose
Ggl.	Ganglion
HWS	Halswirbelsäule
L	Lumbal/Lendenwirbel
LA	Lokalanästhetikum
LWS	Lendenwirbelsäule
MRT	Magnetresonanztomographie
N	Nerv
PS	Processus spinosus
Th	Thorakal/Thorax
V	Vene

Tab. 1 Durchtrittsstellen im Zwerchfell (Diaphragma thoracoabdominalis), ihre Lage und die durchtretenden Strukturen		
Durchtrittsstellen im Zwerchfell	Lage	Durchtretenden Strukturen
Foramen venae cavae	Auf der Höhe von Th8–Th9	V. cava inferior N. phrenicus dexter
Hiatus oesophageus	Auf der Höhe von Th10	Speiseröhre N. vagus Sympathische Nerven Ösophagusäste der A./V. gastrica sinistra
Hiatus aorticus	Auf der Höhe von Th12	Aorta abdominalis Ductus thoracicus V. azygos V. hemiazygos

den durch den jeweiligen N. phrenicus versorgt und steuern sensorische sowie motorische Funktionen [7, 8]. Der rechte N. phrenicus liegt seitlich des Hiatus cavae, der linke seitlich des Perikards. Jeder N. phrenicus teilt sich in vier Stränge: den sternalen, den anterolateralen, den posterolateralen und den kuralen Truncus. Die Hauptgefäßversorgung des Zwerchfells erfolgt über die bilateralen Aa. phrenicae, die direkten Äste der Aorta thoracica, sowie über Zuflüsse der A. mammaria interna und der A. pericardiophrenica (■ Abb. 1 und ■ Tab. 1). Der venöse Abfluss erfolgt über die V. phrenica, die in die V. cava inferior mündet [4, 10, 11].

Die Darstellung in ■ Tab. 1 ist nützlich, um die komplexe Anatomie des Zwerchfells und der darüber hinausgehenden Strukturen zu erfassen. In den Disziplinen innere Medizin und Chirurgie sind anatomische Kenntnisse von besonderer Relevanz, um potenzielle Komplikationen bei Interventionen im Brust- und Bauchraum zu vermeiden. Darüber hinaus ist das Verständnis dieser Zusammenhänge von entscheidender Bedeutung, um sowohl manualmedizinische als auch neuraltherapeutische Verfahren effektiv umzusetzen. Die Kenntnis der anatomischen Verbindungen sowie der durch das Zwerchfell verlaufenden Strukturen ermöglicht es Ärzten und Therapeuten, gezielte und effektive Behandlungen zu planen und durchzuführen, was in besseren therapeutischen Ergebnissen resultiert. Das Zwerchfell, dessen Funktion in der primären Beteiligung an der Atmung besteht, ermöglicht den Durchgang für zahlreiche Gefäße, Nerven und Organe. Es fungiert als Durchgang für die V. cava, die Speise-

röhre, die Aorta, die Wurzel der V. azygos, die Lymphgefäße und die sympathischen Nerven. Dysfunktionen des Zwerchfells können folglich eine Beeinträchtigung dieser essenziellen Strukturen zur Folge haben [7, 12].

Zwerchfelldysfunktion

Ursachen und Symptome

Die Ursachen einer Zwerchfelldysfunktion sind vielfältig und können von neurologischen Störungen bis hin zu mechanischen Einschränkungen reichen [7, 8]. Jede Schädigung oder Funktionsstörung des N. phrenicus kann die Zwerchfelfunktion beeinträchtigen. Übermäßige Dehnung des Abdomens oder Unregelmäßigkeiten in der Faserstruktur des Zwerchfells können ebenfalls die biomechanischen Eigenschaften verändern und zu einer Dysfunktion führen [7, 8].

Die Symptomatik einer Zwerchfelldysfunktion kann vielfältig sein und umfasst u.a. Atemnot, Schlafstörungen, Herzinsuffizienz, Belastungsintoleranz und in schweren Fällen eine Beeinträchtigung der Überlebensfähigkeit. Diese Symptome sind häufig unspezifisch und können leicht übersehen oder falsch diagnostiziert werden [6, 11].

Diagnostik

Für die Behandlung der Dysfunktionen des Diaphragma thoracoabdominalis ist es erforderlich, die vollständige Innervation des Zwerchfells zu berücksichtigen, um den gestörten Vorgang der Ein- und Ausatmung klinisch adäquat beurteilen und

eine gezielte Behandlung gewährleisten zu können. Etwa 75 % der Atemexkursionen werden durch das Zwerchfell gewährleistet, 25 % durch die Atembewegungen des Thorax. Darüber hinaus ist die Berücksichtigung der Atemhilfsmuskulatur sowie der Funktion der Bronchialmuskulatur von entscheidender Bedeutung, da eine Bronchospastik die Atmung massiv beeinträchtigen kann, ohne dass eine Dysfunktion der Atemmuskulatur nachweisbar ist [4, 13, 14].

Die Diagnostik einer Zwerchfelldysfunktion erfordert eine gründliche klinische Untersuchung sowie spezielle diagnostische Verfahren, um die genaue Ursache und das Ausmaß der Dysfunktion zu bestimmen. Zu den wichtigsten Diagnosemethoden gehören bildgebende Verfahren wie Röntgenaufnahmen, Ultraschall und Magnetresonanztomographie (MRT), die strukturelle Anomalien und Bewegungsstörungen des Zwerchfells aufzeigen können. Funktionstests wie Spirometrie und Manometrie können ebenfalls eingesetzt werden, um die Atemfunktion zu bewerten und eventuelle Funktionsstörungen zu identifizieren [11].

Nervenversorgung des Zwerchfells

Die Innervation des Zwerchfells erfolgt sensorisch und motorisch durch den N. phrenicus (C3 bis C6; [15]). Neuere Literatur deutet jedoch darauf hin, dass auch der N. vagus das Zwerchfell motorisch und sensorisch innerviert [15]. Untersuchungen zeigen, dass die kurale Region des Zwerchfells sensible motorische Efferenzen vom N. vagus erhält [15]. Dies erklärt, warum die wenigen neuromuskulären Spindeln des Muskels hauptsächlich in den Crura zu finden sind [15].

Einige Autoren haben die Zwerchfells-ganglien, die sich an der Unterseite des Zwerchfells befinden und mit den Zwerchfellnerven verbunden sind, als potenzielle sympathische Ganglien beschrieben, obwohl dies nicht bewiesen ist. Ziel einer Studie war es, die tatsächliche autonome Natur dieser Ansammlung von Nervenzellkörpern weiter zu klären. Zu diesem Zweck wurden die linken und rechten Zwerchfells-ganglien von acht gerade verstorbenen Er-

wachsenen entnommen und immunchemisch untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass alle Zwerchfellganglien negativ für vasoaktives intestinales Polypeptid, aber positiv für Tyrosinhydroxylase sind. Dies legt nahe, dass es sich bei den Phrenikusganglien um sympathische Ganglien handelt, die vermutlich eine vasomotorische Funktion haben [4, 15, 16].

Die Innervation der Zwerchfellmuskulatur durch den N. phrenicus lässt sich durch die anatomische Tatsache erklären, dass das Zwerchfell vom Halsmyotom aufgebaut wird und im Laufe der Entwicklung kaudalwärts wandert, wobei der motorische Nerv diese Wanderung begleitet [4, 15, 16]. Der rechte Ast des motorischen N. phrenicus verläuft bis in den Bauchfellüberzug des Mesothelparenchyms des Ventrikels [16]. Von dort aus gibt er Äste zur unteren Hohlvene, zur Leber, zur Gallenblase, zum Pylorusabschnitt des Magens und zu den Nebennieren ab [4, 13, 14].

Aus den vorliegenden Innervationszusammenhängen ergibt sich die Funktion des Zwerchfells als wichtigster Atemmuskel (ca. 75 %). Zudem finden sich bei einer pathologischen Reizung des afferenten Anteils des N. phrenicus (sensibel, sensorisch) nicht nur Funktionsstörungen des Zwerchfells. Ebenso können Erkrankungen der Leber, des Magens und des Pankreas klinische Beschwerden im Bereich C3–C5 und Th1–Th5 verursachen. Das klinische Bild manifestiert sich in Form von Einschränkungen der Atmung, Zervikobrachialgien, -zephalgien, Schwindel und funktionellen Störungen im Bewegungsablauf der unteren Halswirbelsäule (HWS) und oberen Brustwirbelsäule (BWS; [4, 7, 8, 13, 14]).

Bei beidseitigem Ausfall der Nn. phrenici kommt es v. a. unter Belastung zu erheblichen Atemstörungen, da in diesem Fall nur noch die Atemhilfsmuskulatur (Mm. intercostales, Mm. scaleni, Mm. sternocleidomastoidei, Mm. serrati laterales, Mm. trapezii, Mm. rhomboidei und M. levator scapulae) die Bewegung des Thorax ermöglicht.

Die physiologische Bewegung des Zwerchfells bei der Atmung bedingt aufgrund der wechselnden Volumenverschiebungen in beiden Körperhöhlen eine rhythmische Beeinflussung sowohl des Lungenkreislaufs und des Herzens als auch der abdominalen Organe. Dies

veranschaulicht den signifikanten Einfluss einer Dysfunktion des Zwerchfells auf den Organismus.

Arterielle und venöse Versorgung

Die arterielle und venöse Versorgung des Zwerchfells ist für die Aufrechterhaltung der Organfunktion von essenzieller Bedeutung. Neben der nervalen Versorgung gewährleistet sie die Sauerstoff- und Nährstoffzufuhr sowie den Abtransport von Stoffwechselprodukten.

Die arterielle Versorgung erfolgt durch die A. phrenica superior, einem Ast der Aorta [1, 5]. Die A. phrenica inferior stellt kleinere Gefäßäste bereit, die entweder aus der Aorta abdominalis oder dem Truncus coeliacus entspringen. Die A. thoracica interna versorgt das Zwerchfell teilweise direkt, während die A. musculophrenica einen Ast der A. thoracica interna darstellt und die seitlichen Anteile versorgt. Schließlich begleitet die A. pericardiacophrenica den N. phrenicus und versorgt sowohl das Zwerchfell als auch den Herzbeutel [1, 5]. Auch die Aa. intercostales posteriores sind an der Versorgung des Zwerchfells beteiligt.

Bezüglich der venösen Versorgung ist festzuhalten, dass die Vv. phrenicae superiores das Blut aus den oberen Bereichen des Zwerchfells transportieren, während die Vv. phrenicae inferiores die Ableitung des venösen Blutes aus den unteren Bereichen gewährleisten. Schließlich ist die Beteiligung der V. suprarenalis sinistra am venösen Abfluss zu berücksichtigen [1, 3, 5]. Die Vv. des Azygos-Systems unterstützen den venösen Abfluss aus verschiedenen Teilen des Zwerchfells.

Die enge Verbindung zwischen der arteriellen und venösen Versorgung sowie der nervalen Kontrolle gewährleistet die lebenswichtigen Funktionen des Zwerchfells, insbesondere in der Atmung und der Regulation des intraabdominellen Drucks [5].

Faszien- und Zwerchfellverbindungen und ihre klinischen Auswirkungen

Die faszialen und verbindenden Strukturen zwischen dem Zwerchfell und dem Beckenboden sowie dem Rest des Körpers

sind von großer klinischer Bedeutung. Die anatomischen Strukturen, die für die Stabilität und Funktion des Bewegungsapparats von entscheidender Bedeutung sind, erstrecken sich von den Rippen und Lenden bis hin zum Beckenboden und umfassen den M. rectus abdominis, die inneren und äußeren schrägen Muskeln, den M. pyramidalis, den M. cremaster, den M. transversus abdominis, den M. psoas major, den M. quadratus lumborum, den M. erector spinae und den M. transversus spinalis [2, 11, 17].

Die Faszie ist eine durchgehende Gewebeschicht, die die verschiedenen Körperteile verbindet. Eine Dysfunktion in der Faszie kann sich nachteilig auf andere Komponenten der inneren Körpersysteme auswirken [18]. Im Falle einer Dysfunktion des Zwerchfells oder der zugehörigen Strukturen kann dies zu einer Funktionsstörung führen. Eine physiologische Veränderung in einem Körperteil hat Auswirkungen auf die gesamte Muskulatur, die von dieser Faszie bedeckt wird [2, 11, 18]. Das Symptom manifestiert sich im Bereich der Veränderung oder in einem entfernten Bereich, wenn dieser sich nicht an den neuen Stressfaktor anpassen kann.

Die im Bereich des Zwerchfells befindliche Faszie, die das Zwerchfell posterior, d. h. retroperitoneal, umgibt, ist in vier Segmente unterteilt und verbindet das Aortensystem, die V. cava inferior, die Leber, die Psoas-Muskeln, den M. quadratus lumborum, den Herzbereich, die Zwerchfell-Ösophagus-Bänder und schließlich die Nieren. Dieses komplexe System wird als Grenzflächensystem bezeichnet [2, 19].

Hinsichtlich der Faszienverbindungen ist zu berücksichtigen, dass die Faszie eine hohe Konzentration an Blutkörperchen aufweist, darunter Golgi-, Pacini- und Ruffini-Körperchen, die propriozeptive Eigenschaften besitzen und wesentliche periphere Informationen vermitteln. Zudem ist eine nozizeptive Funktion dieser Körperchen anzunehmen [2, 20, 21].

Ein weiteres bedeutendes Faszienssystem ist die Fascia transversalis, die eine enge Verbindung mit dem M. transversus abdominis aufweist und eine Fortsetzung der Fascia endothoracica darstellt. Sie steht in Verbindung mit der Pleura, dem Perikard und dem Diaphragma [2].

Auch die thorakolumbale Faszie stellt ein wesentliches Faszien-system dar, das sich von der Kreuzbeinregion ausgehend nach hinten über die Brustregion bis hin zur Halsregion erstreckt. Sie umfasst eine Reihe von Muskeln, darunter den M. latissimus dorsi, den M. trapezius, den M. gluteus maximus und den M. obliquus externus sowie die Bänder, die das Ilium mit dem Sakrum verbinden [3, 7, 23, 24]. Die thorakolumbale Faszie spielt eine entscheidende Rolle bei den Muskeln der Wirbelsäule.

Eine Dysfunktion des Zwerchfells kann sich negativ auf dieses Gewebe auswirken und zu zentralen sowie peripheren Symptomen führen. Es liegt auf der Hand, dass der N. phrenicus und alle Verbindungen zu diesem Bereich negativ beeinflusst werden können. Zervikale Schmerzen bzw. Dysfunktionen können Zwerchfellschmerzen oder -störungen verursachen und sich über die thorakolumbale Faszie auf den Nacken auswirken. Dieser bidirektionale Prozess kann die Entstehung von Schmerzen im Iliosakralgelenk erklären, wenn eine Dysfunktion zwischen Zwerchfell und Beckenboden vorliegt [2, 7, 8, 22, 25].

In einer Vielzahl von Studien konnte nachgewiesen werden, dass der Sympathikus an der Entstehung von Schmerzen beteiligt ist [99]. Zudem bestehen von den „Wide-dynamic range (WDR)-Neuronen“ ausgehende Verbindungen zu den sympathischen Basalneuronen im Seitenhornkomplex des Brust- und oberen Lendenmarks. Eine nozizeptive Aktivierung der WDR-Neuronen induziert eine efferente Erregung der sympathischen Ursprungsneurone, was zu einer sinnvollen Neuregulation im betroffenen Gebiet führt [99]. Die resultierenden Effekte umfassen die Erweiterung der Blutgefäße, die Verlangsamung des Lymphabflusses und die Initiierung komplexer Prozesse im Gewebe, was zu einer Reduktion der Schmerzschwelle der nozizeptiven Fasern führt. Hervorzuheben ist die signifikant hohe Anzahl autonomer Nervenfasern mit freien Nervenendigungen in den Faszien, insbesondere in der Fascia thoracolumbalis [2, 8, 23, 24, 28–30].

Insgesamt kommt es zu einer Veränderung des Gewebes, wobei eine Entgleisung und Übersteuerung zu einer Regulationsenthemmung und Eigendynamik führen kann, was die heute als komplexes regio-

nales Schmerzsyndrom Typ 1 (CRPS 1) bezeichnete sympathische Reflexdystrophie und den Zustand, der früher als Kausalgie bezeichnet wurde und heute als (CRPS 2) bezeichnet wird, einschließt [31–33].

Verbindung zwischen Biophysik und Zwerchfellfunktion

Das Zwerchfell ist ein beeindruckendes biophysikalisches System, das sowohl die mechanischen als auch die energetischen Prozesse der Atmung steuert. Seine kontraktile Aktivität erzeugt Druckunterschiede, die den Gasaustausch in der Lunge ermöglichen und gleichzeitig die intrathorakalen und -abdominalen Organe stabilisieren. Die biophysikalischen Eigenschaften des Zwerchfells, wie Elastizität und Kontraktionskraft, haben einen direkten Einfluss auf die Effizienz der Atmung und deren Regulation durch das autonome Nervensystem.

Bei Funktionsstörungen des Zwerchfells, z.B. durch Narben, Stress oder neurologische Störungen, können pathophysiologische Veränderungen auftreten, die weitreichende Auswirkungen auf die Atemmechanik, den Stoffwechsel und die Organfunktionen haben. Die interdisziplinäre Betrachtung dieser Dynamik aus der Perspektive der Biophysik ermöglicht ein tieferes Verständnis der komplexen Rolle des Zwerchfells in der Gesamtregulation des Körpers [24].

Krankheiten der mittleren HWS, die mit dem N. phrenicus verbunden sind

Die vorliegenden Studien zeigen, dass die häufigsten Ursachen des HWS-Syndroms funktionelle Störungen wie Fehlhaltungen und Fehlbelastungen sowie Erkrankungen der BWS und der Lendenwirbelsäule (LWS) oder degenerative Veränderungen der Bandscheiben, der Wirbelkörper oder der Wirbelgelenke sind. Die Lokalisation der Schmerzursachen bedingt die Manifestation entsprechender Begleitsymptome [34, 35]. Unterschiedliche neuroanatomische Verbindungen bewirken, dass innere Organe auf nozizeptive Reize reagieren und Projektionssymptome über vermeintliche Segmentgrenzen hinweg verursachen können [34, 36]. Dies resultiert in

segmentalen Störungen. Das segmentale Regelsystem definiert und evaluiert die Reaktion auf Schmerzreize, wobei der Output des Systems von zentraler Bedeutung ist. Die von den regulierenden Geweben ausgehenden Reize müssen hinsichtlich ihrer Effektorqualitäten übereinstimmen, da andernfalls der gesamte Komplex beeinflusst und der Output verändert wird, sofern eine Kompensation nicht möglich ist [24]. Aufgrund ihrer Rückkopplung zeigen energetisch offene Systeme ein nichtlineares Verhalten, das für die Selbstorganisation scheinbar chaotischer Verhältnisse erforderlich ist [13, 14, 24]. Nach wiederholter Rückkopplung des Outputs mit dem Schmerzreiz (Input) führen bereits geringe Abweichungen zu signifikanten Ordnungsänderungen [13, 14, 24, 37].

Die topographische Lage der Ursprungskerne des Sympathikus im thorakolumbalen Anteil des Rückenmarks ist von klinischer Bedeutung, wobei diese Tatsache oft übersehen wird [6, 13, 14]. Diese Ursprungskerne empfangen afferente Impulse von inneren Organen, dem Bewegungsapparat und der Haut über Interneurone, die im Hinterhorn zusammenlaufen [13, 20, 24, 38, 39].

Nach spinaler und supraspinaler Modulation beeinflussen die sympathischen Efferenzen aus den Nuclei originis nicht nur die thorakolumbalen Segmente, sondern auch segmentunabhängige Körperregionen wie Extremitäten, Hals und Kopf [20, 21]. Infolgedessen ist die Segmentdefinition nicht nur auf den somatischen Teil anwendbar, sondern unter Berücksichtigung des autonomen Nervensystems wesentlich weiter zu fassen [25, 31, 40–46].

Mittleres Zervikalsyndrom: pseudoradikuläre Symptome in den Segmenten C3–C5

- Ausgeprägte vegetative Symptome
- Palpitationen
- Tachykardie
- Tachyarrhythmie
- Störung der Zwerchfellmotorik
- Magen-Ösophagus-Störungen
- Leber-Gallenblase-Störungen
- Störungen der Schilddrüse und der Tonsillen

- Alle Störungen im Zusammenhang mit dem N. phrenicus
- Roemheld-Symptome

Differenzialdiagnose

- Zerebrale Blutung
- Zervikale Fraktur
- Alveoläre Hypoventilation
- Erkrankung der Vorderhornzellen oder der neuromuskulären Verbindung
- Fraktur der HWS
- Verminderte Lungencompliance
- Myasthenia gravis
- Guillain-Barré-Syndrom
- Pleuraverwachsungen
- Periphere Neuropathien

Zwerchfellfunktionsstörungen

Zu den Zwerchfellfunktionsstörungen zählen die Eventration, die Zwerchfellschwäche sowie die Zwerchfelllähmung. Die Eventration beschreibt eine dauerhafte Anhebung des gesamten Zwerchfells oder eines Teils davon, die durch eine Ausdünnung des Zwerchfells bedingt ist. Häufig liegt eine funktionelle Ursache vor [3–5]. Das Zwerchfell spielt für Säugetiere eine lebenswichtige Rolle, da es der wichtigste Muskel für die Atmung ist. Eine Zwerchfelllähmung kann entweder durch eine Schwäche des Muskels selbst oder durch eine Schädigung seiner Nervenversorgung entstehen. Abhängig vom Schweregrad und der Art der vorliegenden Lähmung können unterschiedliche klinische Symptome auftreten [7–9]. Die Zwerchfellstörung kann, je nach Ausprägung und Ursache, zu einer vollständigen oder teilweisen Einschränkung der für die Atmung erforderlichen Muskelkraft führen. Die Kombination aus Neuraltherapie und manueller Medizin hat sich als effektive Behandlungsmethode erwiesen, um die klinischen Beschwerden zu lindern [9]. Eine Lähmung der Nerven, die für die Kontrolle des Zwerchfells verantwortlich sind, führt zu einem vollständigen Verlust der Funktion dieses Muskels.

Die Zwerchfellstörung kann je nach Ursache ein- oder beidseitig auftreten und sowohl vorübergehend als auch dauerhaft sein. Mechanische Hernien in diesem Muskelbereich manifestieren sich als das Hervortreten eines Bauchorgans oder -ge-

webes durch einen Defekt im Zwerchfell. Zu den häufigsten angeborenen Hernien zählen die Bochdalek- und die Morgagni-Hernie, während die Hiatushernie eine erworbene Hernie ist. Die Hiatushernie manifestiert sich in einer lokalen Vorwölbung des Zwerchfells, die auf einer Röntgenaufnahme des Brustkorbs erkennbar ist [3].

Risiken

Eine Dysfunktion des Zwerchfells kann gravierende Auswirkungen auf die Gesundheit haben. Zu den häufigsten Risiken zählen Dyspnoe und eine Reduktion des intraabdominellen Drucks, was die Belastungstoleranz erheblich reduzieren kann. Darüber hinaus können biomechanische Veränderungen auftreten: eine erhöhte Lendenlordose, Verlängerung von Oberschenkel- und Bauchlänge sowie Instabilität im lumbosakralen Bereich. Diese Dysfunktionen können häufig zu Schmerzen im Iliosakralgelenk, in der Hüfte und im unteren Rücken führen und sind oft von einer erhöhten Aktivität der oberflächlichen Rückenmuskulatur begleitet. Darüber hinaus können systemische Beschwerden wie das Thoracic-outlet-Syndrom, Schlafstörungen, Kopfschmerzen und Bluthochdruck auftreten. Die aufgeführten Risiken verdeutlichen, dass das Zwerchfell nicht nur eine zentrale Rolle bei der Atmung spielt, sondern auch entscheidend für die Stabilität des Körpers und die Funktion des autonomen Nervensystems ist. Eine frühzeitige Diagnose und Behandlung sind daher essenziell, um diese negativen Auswirkungen zu minimieren [3, 7–9, 60, 69, 82].

Ätiologie

Eine Zwerchfelldysfunktion lässt sich entweder auf eine direkte Schwäche und Atrophie der Zwerchfellmuskulatur oder auf eine Schädigung und Reizung der Zwerchfellnerven (N. phrenicus) zurückführen. Eine einseitige Schwäche des Zwerchfells tritt häufiger auf als eine beidseitige. Dabei kann die Schwäche temporär oder permanent sein [47].

Daher kann jede Erkrankung, die die Innervation des Zwerchfells, die Funktion der kontraktilen Muskulatur oder die mechanische Verbindung zur Brustwand

beeinträchtigt, zu einer Funktionsstörung des Zwerchfells führen [7, 8, 48].

Eine Dysfunktion des Zwerchfells geht i.d.R. mit Atemnot, Bewegungsunfähigkeit, Schlafstörungen, Herzbeschwerden, gastrointestinalen Störungen und Hypersomnie einher und kann folglich das Überleben des Patienten beeinflussen. Bei schwereren Zwerchfellpareesen oder bei Patienten mit Adipositas oder kardiorespiratorischen Erkrankungen können Orthopnoe, Dyspnoe beim Vorbeugen, Husten, Thoraxschmerzen und Belastungsdyspnoe sowie Symptome einer schlafbezogenen Atmungsstörung auftreten [2, 49].

Die Diagnose und Behandlung einer ein- oder beidseitigen Zwerchfelldysfunktion kann für den Kliniker problematisch sein, da diese relativ selten auftritt, ihre klinischen Manifestationen manchmal subtil sind und es schwierig ist, eine physiologisch bestätigte Diagnose zu erhalten [9].

Die Zwerchfelldysfunktion wird daher wahrscheinlich unterdiagnostiziert, sollte jedoch nicht vernachlässigt werden, da sie die Lebensqualität negativ beeinflussen, als Indikator für den Schweregrad der Erkrankung dienen und in einigen Fällen, z. B. auf der Intensivstation, als prognostischer Marker fungieren kann [17]. Ein Drittel der Patienten berichtet über Kurzatmigkeit bei Anstrengung. Bei Patienten mit gleichzeitig bestehenden schwächenden kardio-pulmonalen Erkrankungen kann Dyspnoe in Ruhe auftreten [12, 17].

Die meisten Patienten mit einseitiger Zwerchfelldysfunktion zeigen eine gewisse Einschränkung der körperlichen Leistungsfähigkeit und haben niedrigere Sauerstoffsättigungswerte in Ruhe. Bei Patienten mit beidseitiger Dysfunktion manifestiert sich die Dyspnoe in unterschiedlichen Ausprägungen, die von leichter Atemnot bei Anstrengung bis hin zu Dyspnoe in Ruhe reichen [9]. Die meisten kritisch kranken Patienten, die auf eine Intensivstation aufgenommen werden, weisen eine Beteiligung der Zwerchfellmuskulatur auf. Die Veränderungen der Zwerchfellmuskulatur, die ursprünglich unter diese Kategorie fielen, wurden in den letzten Jahren differenziert, und es konnte gezeigt werden, dass bei Patienten, die sich einer mechanischen Beatmung unterziehen, eine bestimmte Art von Zwerchfellmuskelfunktionsstörung auftritt [50].

Die mechanische Beatmung ist eine der Hauptursachen der Zwerchfelldysfunktion bei diesen Patienten. Die Optimierung der mechanischen Beatmung zur Prävention von Zwerchfellverletzungen kann demnach einen entscheidenden Beitrag zur Vermeidung von Zwerchfelldysfunktion leisten. Dieses Konzept wird als Zwerchfellschutzbeatmung bezeichnet [51].

Ursachen

Die Ätiologie von Zwerchfellstörungen ist vielfältig und kann zu Funktionsstörungen oder Erkrankungen des Zwerchfells führen. Im Folgenden werden einige der häufigeren Ursachen erörtert. So kann die Zwerchfellhernie zu Symptomen wie Sodbrennen, Aufstoßen und Magenreflux führen. Übergewichtige Menschen haben möglicherweise einen erhöhten Druck im Bauchraum, was das Risiko für Zwerchfellhernien erhöhen kann. Auch Verletzungen im Bereich des Zwerchfells durch Unfälle, Stöße oder chirurgische Eingriffe können Funktionsstörungen zur Folge haben. Während der Schwangerschaft kann der Druck des wachsenden Uterus auf das Zwerchfell zu vorübergehenden Atembeschwerden führen. Erkrankungen des Bindegewebes, wie Sklerodermie, können ebenfalls das Zwerchfell beeinflussen. Auch neurologische Erkrankungen, die die Nervenkontrolle über das Zwerchfell beeinträchtigen, können zu Atemproblemen führen. Darüber hinaus können chronische obstruktive Lungenerkrankungen (COPD) und diaphragmatische Kontrakturen das Zwerchfell beeinträchtigen. Letztere bezeichnen Versteifungen oder Kontraktionen des Zwerchfells, die die normale Beweglichkeit beeinträchtigen können [67, 68].

Traumata

Traumata sind die häufigste Ursache für eine Zwerchfellinsuffizienz, die von der Schulmedizin diagnostiziert wird. Durch eine Operation oder ein Trauma kann der Zwerchfellnerv verletzt werden, was zu einer Zwerchfellschwäche führt. Die Bypass-Operation am Herzen ist die häufigste Operation, die ein Trauma verursacht, und das Risiko einer Zwerchfellinsuffizienz liegt bei bis zu 20%. Während der kalten Kardioplegie für den Bypass kommt es zu Erfrierun-

gen des Zwerchfellnerven, die zu einem vorübergehenden Verlust der Zwerchfellfunktion führen [7, 8, 52].

Aufgrund des langen Verlaufs des linken Zwerchfells im Brustkorb ist eine linksseitige Zwerchfellschwäche häufiger als eine rechtsseitige. Alle mediastinalen chirurgischen Eingriffe, Operationen an der Speiseröhre oder Lungentransplantationen bergen das Risiko einer Zwerchfellschwäche. Auch penetrierende Verletzungen oder Schussverletzungen des Brustkorbs können zu einer Schädigung des Zwerchfellnerven führen [4, 13, 14].

- Hals-/Wirbelsäulenchirurgie
- Herzchirurgie
- Nervenblockade
- Speiseröhrenchirurgie
- Transplantation von Lunge/Herz/Leber
- Zentralvenöse Kanülierung

„Falsche Diaphragma-Dysfunktion“

- Bochdalek-Hernie
- Eventration
- Hiatushernie
- Lipome
- Morgagni-Hernie
- Resektion der Lunge [53]
- Traumatische Ruptur

„Extra-Diaphragma-Krankheit“

- Asymmetrisches Emphysem [53].
- Aszites
- Atelektase
- Pulmonale Embolie
- Pulmonale oder mediastinale Masse
- Subphrenischer Abszess

Komprimierende oder infiltrierende Prozesse

- Arthrose und Spondylose der HWS
- Kropf
- Mediastinales oder pulmonales Lymphom
- Pathologische Lymphknoten

Entzündliche Erkrankungen

- Chronische entzündliche demyelinisierende Polyneuropathie
- COVID, Post-COVID-Syndrom
- Gürtelrose
- Mononeuritis
- Parsonage-Turner-Syndrom
- Postvirales Syndrom

Zentrale neurologische Erkrankungen

- Amyotrophe Lateralsklerose
- Chronische entzündliche demyelinisierende Polyneuropathie
- Guillain-Barré-Syndrom
- Idiopathische neurologische Erkrankungen
- Medulläre Durchtrennung
- Multiple Sklerose
- Poliomyelitis
- Rhizotomie
- Schlaganfall
- Schwere zervikale Spondylolyse

Myopathien

- Amyloidose
- Atrophie bei Nichtbenutzung/Inaktivität
- Dysthyreose
- Kritische Erkrankung/beatmungsbedingte Zwerchfelldysfunktion
- Muskeldystrophien
- Postvirale Erkrankungen
- Unterernährung
- Verwendung von Kortikosteroiden

Erkrankungen des Bindegewebes

- Systemischer Lupus erythematoses/Schrumpflungensyndrom
- Dermatomyositis
- Gemischte Bindegeweberkrankungen [9].

Avaskuläre Hüftkopfnekrose: Relevanz einer funktionellen Diagnostik

Die funktionelle avaskuläre Hüftkopfnekrose ist eine Erkrankung, die nicht nur orthopädische, sondern auch funktionelle Ursachen aufweist. Häufig wird sie durch eine Dysfunktion des M. iliopsoas ausgelöst, die wiederum mit einer Zwerchfelldysfunktion einhergehen kann. Die Hüftschmerzen, die i. d. R. das erste Symptom sind, strahlen typischerweise in die Leistenregion aus und manifestieren sich zunächst bei längerer Belastung. Mit Fortschreiten der Erkrankung werden alltägliche Aktivitäten wie Stehen und Gehen zunehmend erschwert und schmerzhaft. Der Verlauf der Erkrankung kann sich über Monate bis zu 2 Jahren erstrecken [7, 8, 24].

Das Iliopsoas Syndrom betrifft nicht nur das Hüftgelenk, sondern auch die LWS, die Körperhaltung und die Beweglichkeit der Zwischenwirbelgelenke. Eine Verkürzung des M. iliopsoas kann zu schwerwiegenden Funktionsstörungen in der LWS führen und die Entwicklung einer avaskulären Hüftkopfnekrose begünstigen [7, 8, 54].

In der orthopädischen Praxis wird die Diagnose von Hüftkomplexproblemen häufig auf radiologische Befunde gestützt, wobei die funktionelle Ursache oft unberücksichtigt bleibt [7, 8, 36, 55, 56]. Es ist jedoch zwingend erforderlich, neben bildgebenden Verfahren auch eine gründliche funktionelle Untersuchung nach den Prinzipien der manuellen Medizin durchzuführen. Nur so können muskuloskeletale Dysfunktionen wie die Verkürzung des M. iliopsoas oder Zwerchfelldysfunktionen erkannt und gezielt behandelt werden. Ein rein radiologischer Ansatz greift zu kurz und birgt das Risiko, dass wichtige funktionelle Zusammenhänge und die wahre Ursache der Beschwerden übersehen werden.

Der Tonus des Zwerchfells und das lokale stabilisierende Muskelsystem der Wirbelsäule beeinflussen deren Rumpfstabilität. Zahlreiche Studien belegen die signifikante Rolle des Zwerchfells in der lokalen Rumpfstabilitätsmuskelgruppe für eine effiziente Stabilisierung der Wirbelsäule [57–59].

Radiologisch wird unterschieden zwischen

- Zwerchfelldurchstand
- Zwerchfelltiefstand.

Schulmedizinische Diagnostik

Im Rahmen der schulmedizinischen Diagnostik von Erkrankungen des Zwerchfells sind verschiedene Untersuchungsmethoden zu nennen.

Die Diagnostik einer Erkrankung oder Störung des Zwerchfells wird mit einer körperlichen Untersuchung eingeleitet, wobei zuweilen eine Bestimmung des arteriellen Blutgases zur Messung des Blutsauerstoffs erfolgt. Weitere diagnostische Untersuchungen können sein:

- Die Elektromyographie (EMG) misst das elektrische Potenzial von Muskelfasern, die durch elektrische Impulse stimuliert werden.

- Zu den bildgebenden Verfahren zählen Röntgenaufnahmen des Brustkorbs, Computertomographie, MRT und Ultraschall zur Erkennung von Knochenbrüchen, Lungenentzündung, Krebs und anderen Anomalien, Obstruktionen oder Flüssigkeiten.
- Darüber hinaus können Stimulations-tests des N. phrenicus durchgeführt werden, bei denen der Hals elektrisch oder magnetisch stimuliert wird, um die Reaktion des Nerven zu messen.
- Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, Lungenfunktionstests durchzuführen.

Nichtinvasive Diagnostik

Die Zwerchfellmuskulatur spielt bei verschiedenen Erkrankungen eine signifikante Rolle, insbesondere in Fällen von neuromuskulären Erkrankungen, COPD und Zwerchfellfunktionsstörungen bei kritisch kranken Patienten. Die funktionelle Beurteilung des Zwerchfells stellt eine Herausforderung dar. Eine Zwerchfellfunktionsstörung geht i. d. R. mit negativen klinischen Auswirkungen einher. Eine gründliche Untersuchung ist erforderlich, um die Ursache festzustellen und die Auswirkungen der Symptome, die Schlafapnoe und die körperliche Leistungsfähigkeit angemessen zu behandeln. Ein erfahrener Neuraltherapeut und Manualmediziner kann die Diagnose sehr schnell stellen. Die zunehmende Verfügbarkeit von Ultraschallgeräten ermöglicht eine routinemäßige Beurteilung der Zwerchfellfunktion, die es dem Arzt ermöglicht, den Patienten ggf. einer geeigneten Behandlung zuzuführen.

Ultraschall

Die Ultraschalluntersuchung des Zwerchfells stellt eine nichtinvasive Methode dar, die sowohl in der Klinik als auch in der Forschung zunehmend Anwendung findet. Die wichtigsten Variablen, die mit dieser Technik beurteilt werden können, sind die statische Messung der Zwerchfelldicke und die dynamischere Beurteilung der inspiratorischen Zwerchfellverdickung und -verlagerung [60].

In Verbindung mit der Erkenntnis, dass die Ultraschalluntersuchung des Zwerch-

fells im Vergleich zur Fluoroskopie eine höhere Sensitivität aufweist, wird die Ultraschalluntersuchung in der ersten Reihe der klinisch verfügbaren Instrumente zur Quantifizierung und Überwachung der Zwerchfellfunktion positioniert [61].

Manualmedizinische Diagnostik

Die manuelle Medizin ist eine medizinische Disziplin, die sich mit der Diagnostik und Behandlung von Funktionsstörungen des Bewegungssystems, des Kopfes, der Muskeln und Muskelketten sowie der viszeralen und bindegewebigen Strukturen befasst. In diesem Kontext finden theoretische Grundlagen, Kenntnisse und Verfahren aus anderen medizinischen Fachgebieten Anwendung [7, 8, 59, 62, 63]. Die Behandlung erfolgt ausschließlich manuell und verfolgt präventive, kurative und rehabilitative Ziele [7, 8, 59, 62, 63]. Der Arzt ist angehalten, Gesundheitsstörungen manuell zu diagnostizieren und die Therapie ebenfalls manuell durchzuführen.

Einerseits existieren medizinische Fachgebiete, die sich ausschließlich mit der Diagnostik befassen, wie z. B. die Laboratoriumsmedizin, die Radiologie und die Histologie, andererseits gibt es Disziplinen, die sich ausschließlich der Therapie widmen, wie die physikalischen Medizinverfahren. Diese Trennung von diagnostischen und therapeutischen Verfahren erfordert eine Arbeitsteilung unter den Ärzten. Diese ist aufgrund der unterschiedlichen Fachkompetenzen der Ärzte notwendig, führt jedoch zu einem Zwang zur individuellen Kommunikation, teilweise mit Informationsverlusten bei der Weitergabe, was zu einer Verzögerung des Therapiebeginns zur Folge hat [64, 65].

Die aktive Bewegungsprüfung bedingt die Kooperation des Patienten, dessen Aufgabe darin besteht, die vom Untersucher vorgegebenen Bewegungen auszuführen, um die Leistungsfähigkeit des Gelenks zu demonstrieren. Eine Einschränkung der Beweglichkeit kann die Folge einer Verformung der passiven Elemente des Gelenkknochens, der Muskeln, des Knorpels und der Gelenkkapsel im Laufe degenerativer Veränderungen sein, wodurch es zu einem Verlust von Teilen des physiologischen Gelenkwegs kommt. Darüber hinaus wird die aktive Beweglichkeit

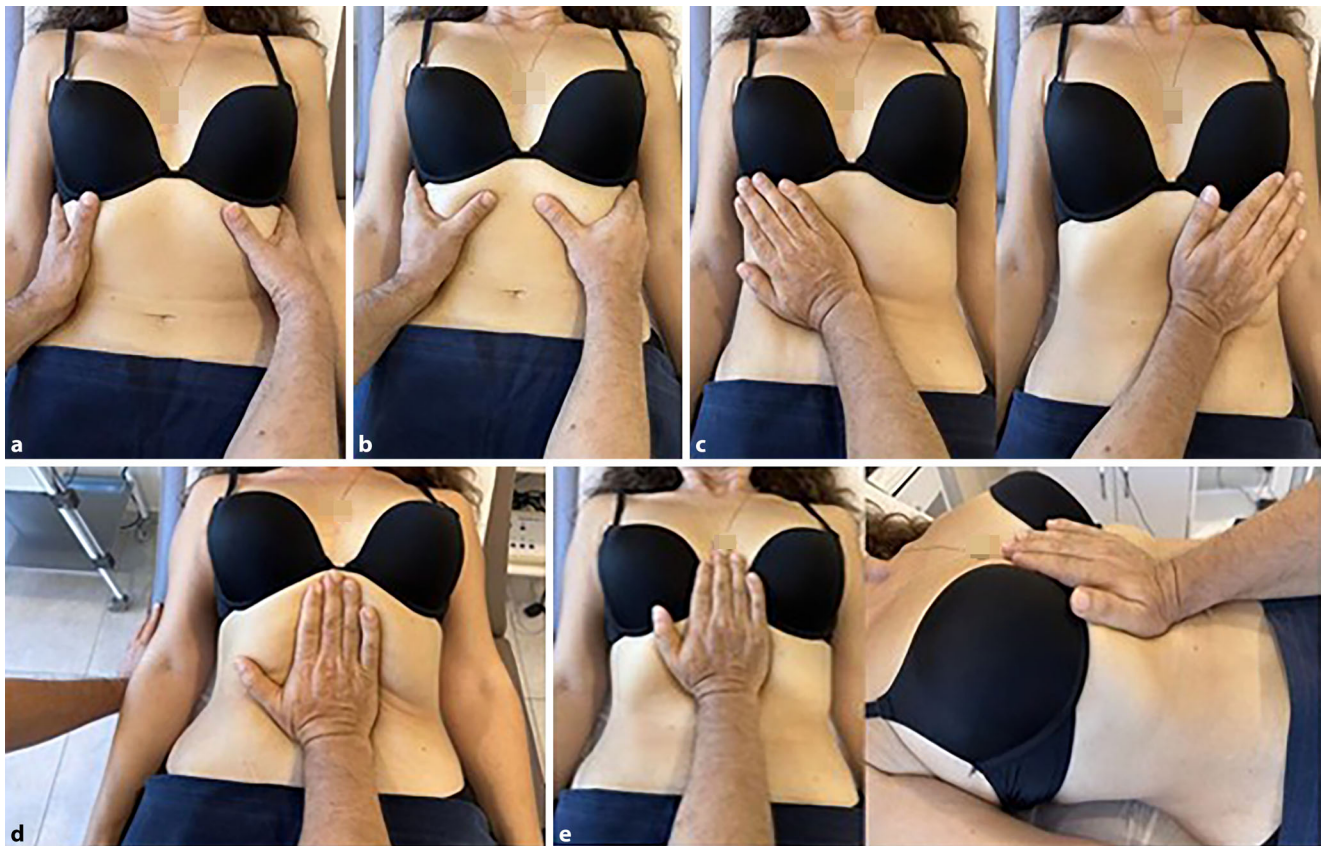


Abb. 2 ▲ Verschiedene manuelle Untersuchungstechniken des Zwerchfells an einer Patientin. Der Therapeut verwendet beide Hände, um Druck auf den Brust- und Bauchbereich auszuüben und das Zwerchfell zu beurteilen. **a, b** Beide Hände des Therapeuten liegen seitlich am unteren Rippenbogen der Patientin, wobei leichter Druck auf das Zwerchfell ausgeübt wird, um dessen Beweglichkeit zu testen. **c** Die rechte Hand des Therapeuten liegt seitlich auf dem rechten Rippenbogen, während die linke Hand den unteren Bauchbereich stabilisiert. **d** Hier wird mittig auf den Solarplexusbereich Druck ausgeübt, um den zentralen Teil des Zwerchfells zu untersuchen. **e** In dieser Position übt der Therapeut seitlichen Druck aus, um die Mobilität des Zwerchfells in einer Liegeposition zu testen. Diese Bilder demonstrieren eine manuelle Untersuchung des Zwerchfells zur Beurteilung der Beweglichkeit und Spannung, möglicherweise im Kontext von Atemproblemen oder funktionellen Einschränkungen. (Mit freundlicher Genehmigung des Autors)

durch Veränderungen des aktiven Gelenkapparats und der neuromuskulären Einheit, einschließlich der selbststeuernden Organe wie Muskelspindel und Sehnenorgan, beeinflusst [65–69].

Für die Untersuchung liegt der Patient in bequemer Position auf dem Rücken. Die Inspektion der Rippenbewegung erfolgt während der Inspiration in kaudaler Richtung und während der Expiration in entgegengesetzter Richtung lateralisiert. Im Falle einer Dysfunktion des Zwerchfells ist die Rippenbewegung i. d. R. limitiert (■ Abb. 2). Die Hände des Therapeuten werden anterior an den Rippenrändern gehalten, wobei sich die Daumen auf Höhe der Rippenränder befinden und die anderen Finger auf den oberen Rippen aufliegen. Diese Handhaltung findet An-

wendung bei der Beurteilung der Zwerchfellverlagerung.

Im Rahmen der folgenden Untersuchung werden die Hände unter Berücksichtigung der oben beschriebenen Anatomie auf die Rippenränder gelegt, wobei sich die Daumen auf Höhe der Rippenränder befinden und die übrigen Finger auf den oberen Rippen aufliegen (■ Abb. 2b). Da sich der Zwerchfellmuskel beim Einatmen senkt und beim Ausatmen hebt, kann diese Handstellung zur Beurteilung der Zwerchfellauslenkung herangezogen werden.

Zur Beurteilung der verschiedenen Teile des Zwerchfells sind nachfolgende manuelle Positionen vorgesehen: Kuppeln, posterolateraler Bereich, Xyphoidbereich sowie mediales und laterales Ligament. Um die Zwerchfellkuppeln adäquat beurteilen

zu können, ist es essenziell, dass der Unterarm des Untersuchers parallel zum Abdomen des Patienten gehalten wird, wobei sich der Thenar- und Hypothenaransatz der Hand auf Höhe des vorderen Rippenbogenrandes befinden müssen. Es wird ein leichter Druck in kranialer Richtung ausgeübt, um die elastische Reaktion des Gewebes sowohl auf der rechten als auch auf der linken Seite zu erfassen. Es ist zu beachten, dass die Elastizität des Gewebes abnimmt, wenn es auf den angewandten Reiz reagiert (■ Abb. 2c), was bei manuellen Prüfungen üblich ist. Die Beurteilung der Xyphoidregion dient der Feststellung, ob bei der Ein- und Ausatmung die für eine normale Atmung erforderliche gleichmäßige Elastizität des Gewebes vorhanden ist. Bei abnormer Zwerchfellaktivität ist diese Region i. d. R. steifer. Die Hand und der



Abb. 3 ▲ Manuelle Untersuchung des Zwerchfells in Seiten- und Rückenlage, um mögliche Funktionsstörungen zu bewerten. **a** Die Patientin liegt auf der Seite. Der Therapeut legt eine Hand auf die Rippen und die andere Hand stabilisiert den unteren Rippenbogen, wobei der Druck auf das Zwerchfell in seitlicher Lage ausgeübt wird. Diese Technik ermöglicht eine genaue Beurteilung der seitlichen Beweglichkeit und Spannung des Zwerchfells. **b** Hier wird die Patientin erneut in der Seitenlage untersucht. Eine Hand des Therapeuten befindet sich am unteren Rippenbogen, während die andere Hand in der unteren seitlichen Bauchregion tastet. Dies ermöglicht eine detaillierte Untersuchung der Zwerchfellmobilität in dieser Position, um mögliche Einschränkungen zu erkennen. (Mit freundlicher Genehmigung des Autors)

Unterarm werden wie bei der Beurteilung der Kuppeln positioniert, jedoch im Bereich des Xiphoids. Es ist ein leichter Druck nach kranial auszuüben (■ Abb. 2d, e).

Die in ■ Abb. 3 dargestellte Untersuchung dient der Identifizierung potenzieller Funktionsstörungen des Zwerchfells. Zu diesem Zweck werden die seitliche und zentrale Beweglichkeit des Zwerchfells sowie dessen Reaktion auf Druck und Bewegung analysiert.

Neuraltherapie

In der Neuraltherapie werden Lokalanästhetika eingesetzt, um diagnostische und therapeutische Zwecke zu erreichen. Dabei werden die regulatorischen und plastischen Eigenschaften des Nervensystems genutzt, insbesondere die des autonomen Nervensystems [32, 33, 35, 70, 71].

Durch die gezielte Reizsetzung (mittels Nadel) und simultane, selektive Löschung von Engrammen (mittels Lokalanästhetikum) im Sinne eines „Resets“ werden so-

wohl die Organisation im Nervensystem als auch die Gewebedurchblutung (insbesondere die Mikrozirkulation) beeinflusst [36, 45, 46]. Nach dem „Reset“ hat das System die Chance, sich selbst neu zu organisieren, was im Schmerz- und Entzündungsgeschehen zu einem Durchbruch des Circulus vitiosus führen kann. Die engrammatisch gespeicherte pathologische Erregbarkeit des Sympathikus und des nozizeptiven Systems in den peripher spinalen und (indirekt) supraspinalen Reflexbögen wird normalisiert. Der therapeutische Effekt persistiert i. d. R. weit über die Wirkdauer der Anästhesie hinaus [13, 14, 43–46]. Die Behebung von Dysfunktionen im vegetativen Nervensystem, die sich auf die Balance zwischen Sympathikus und Parasympathikus beziehen, kann sich somit günstig auf eine Vielzahl von Krankheiten und Schmerzzuständen auswirken [14, 54, 56, 72–74].

Im Rahmen der Neuraltherapie werden Injektionen in die Haut (Quaddeln), in myofasziale Triggerpunkte, in die Faszien, in schmerzende Sehnenansätze, in Gelenke

u. a. vorgenommen, um die Schmerzen zu lindern und die Nervenfunktion zu verbessern. Während bei der Lokalthherapie „loco dolendi“ die Injektionen in die Haut erfolgen, wird bei der Segmenttherapie aufgrund der polysegmentalen reflektorischen Verschaltungen von Haut, Bewegungsapparat und inneren Organen in diese eingegriffen. Ein integraler Bestandteil der Segmenttherapie sind Infiltrationen an Nerven, peripheren Arterien und deren periarteriellem Sympathikusplexus sowie an sympathischen Ganglien [32, 33, 75, 76].

Neben der hier beschriebenen lokalen und segmentalen Therapie findet zudem die sog. Störfeldtherapie [75] Anwendung. Ein Störfeld bezeichnet einen chronischen Reizzustand an einer beliebigen Stelle des menschlichen Körpers, wobei der Reiz jedoch so gering ist, dass keine direkten Symptome am Störfeld selbst resultieren. Die Auswirkungen in Form von Schmerzen und Entzündungen manifestieren sich jedoch außerhalb jeglicher segmentalen Ordnung (frühere Definition). In der modernen Neurophysiologie werden aufgrund von segmentübergreifenden Sensibilisierungsprozessen, neuroplastischen Veränderungen, Immunprozessen und neurogenen Entzündungen keine strikten segmentalen Grenzen mehr im Krankheitsgeschehen anerkannt [13, 24, 32, 75].

In der modernen Forschung wird der Begriff des Störfelds daher auch als „neuromodulatorischer Trigger“ bezeichnet [24, 75]. Zu den potenziellen Störfeldern, die mit der höchsten Prävalenz auftreten, zählen Narben, chronische Tonsillitis, verlagerte Zähne, Zahnwurzelreste, Ostitis im Zahnwurzelbereich, der Status nach Pleurapneumonie oder Hepatitis und Mononukleose [7, 75, 77, 78]. Die Infiltration eines vermuteten Störfelds führt i. d. R. zu einer Linderung der „Fernbeschwerden“ für einen längeren Zeitraum. Bei günstigem Verlauf kann eine Wiederholung der Injektion zur Desensibilisierung bezüglich Schmerz und Entzündung erfolgen [13, 14, 73, 75].

Funktion des autonomen Nervensystems

Das autonome Nervensystem ist hauptsächlich für die motorische Innervation

der glatten Muskulatur der inneren Organe und Gefäße sowie der exokrinen und endokrinen Drüsen zuständig [13, 14]. Darüber hinaus steuert es alle vegetativen Parameter wie Kreislauf, Atmung, Körpertemperatur, Wasserhaushalt, Verdauung, Stoffwechsel und Fortpflanzung [13, 14, 71, 75, 78]. Für die „Aufrechterhaltung des inneren Milieus“ (Homöostase) ist das autonome Nervensystem zusammen mit dem endokrinen System verantwortlich. Darüber passt es die Funktionen der einzelnen Organe den aktuellen Bedürfnissen des Körpers und den sich ändernden Anforderungen der Umwelt an. Die Steuerung des autonomen Nervensystems erfolgt zu einem signifikanten Anteil unbewusst [13, 14, 79].

Das autonome Nervensystem kann sowohl nach funktionellen als auch nach strukturellen Gesichtspunkten in zwei Bereiche unterteilt werden: das sympathische und das parasympathische Nervensystem. Die Wirkungen dieser beiden Systeme auf die verschiedenen Strukturen des autonomen Nervensystems sind i. A. antagonistisch [4, 13, 26, 27, 79–81]. Die Aufrechterhaltung eines stabilen inneren Milieus wird durch eine enge Zusammenarbeit der sympathischen und parasympathischen Komponenten des autonomen Nervensystems gewährleistet [13, 14]. Das parasympathische Nervensystem, das seinen Ursprung im Hirnstamm und im sakralen Rückenmark hat, ist für zahlreiche Funktionen des Körpers verantwortlich [80, 81]. Es wird auch als kraniosakrales System bezeichnet [13, 14, 24, 83]. Die Verteilung der sympathischen Kerne zeigt sich lediglich im thorakolumbalen Abschnitt (C8–L3) des Rückenmarks, wobei eine Versorgung des gesamten Körpers mit sympathischen Fasern erfolgt. Daher besteht keine segmentale Übereinstimmung zwischen dem somatischen und dem sympathischen Nervensystem, insbesondere im Kopf- und Extremitätenbereich [4, 13, 14, 78, 79].

In den zurückliegenden Jahren wurde evident, dass das autonome Nervensystem eine signifikante Rolle bei der Regulation von Immun- und Entzündungsprozessen einnimmt [83–85]. Die beiden Systeme sind untrennbar miteinander verbunden. In diesem Kontext ergibt sich ein signifikanter Ansatz der Neuraltherapie, beispielsweise bei der Regulation überschie-

ßender Entzündungen im Rahmen von Autoimmunerkrankungen [85].

Anatomie des Segments

Ein Rückenmarksegment bezeichnet eine „Scheibe“ des Rückenmarks mit der zugehörigen grauen Substanz und den Spinalnervenzwurzeln, die sich zu einem Spinalnervennervenzweig verbinden. Die Spinalnerven mit ihren unterschiedlichen Faserqualitäten versorgen einen bestimmten Bereich des Körpers, der als peripheres Segment bezeichnet wird. Das periphere Segment ist somit die Projektion eines Segments des Rückenmarks in eine bestimmte Region des Körpers [37, 75, 86, 87].

Die segmentale (radikuläre) Innervation der Haut (Dermatom) stellt dabei die afferente Verbindung dar, während die segmentale (radikuläre) Muskelversorgung (Myotom) die efferente Verbindung repräsentiert. Schließlich umfasst die segmentale (radikuläre) Periost-/Knocheninnervation (Sklerotom) die reflektorische Verbindung [37, 75, 86].

Die segmentale (radikuläre) Innervation der Eingeweide (Viszerotom), Dermatom, Myotom, Sklerotom und Viszerotom sind in dieser segmentalen „Scheibe“ des Rückenmarks horizontal afferent und efferent reflektorisch miteinander verbunden. Eine wichtige Rolle spielen hierbei der Sympathikus und sein Grenzstrang. Vertikal stehen jedes Rückenmarksegment mit dem Hirnstamm und den übergeordneten vegetativen Zentren in Rückkopplung [13, 14, 35, 75].

Um segmentale Störungen zu diagnostizieren, ist die Palpation von großer Bedeutung. Dabei sollten die verschiedenen Gewebeschichten berücksichtigt und möglichst einzeln bewertet werden. Hierzu zählen die Haut, die Unterhaut, die Faszie, der Muskel, die Gelenkkapsel, das Periost, die Knochen und die inneren Organe, auch als Viszera bezeichnet [62, 86, 87].

Material

In der Neuraltherapie werden Lokalanästhetika wie Procain oder Lidocain angewendet, die eine kurze Wirkdauer aufweisen und somit bei einem „Reset“ nur eine minimale Unterbrechung der physiologi-

schen Vorgänge verursachen. Dies resultiert in einem geringen Auftreten von Nebenwirkungen. Procain wird als das Mittel der ersten Wahl betrachtet, da es in praktisch jedem Gewebe durch die unspezifische Pseudocholinesterase abgebaut wird. Es liegen keine Hinweise auf Interaktionen mit anderen Medikamenten vor, und es ist keine teratogene Wirkung dokumentiert. Da im Rahmen der Neuraltherapie keine Zusätze wie Konservierungsstoffe oder Adrenalin verwendet werden, sind die Nebenwirkungen von Procain als gering einzustufen. In den vergangenen Jahren wurden jedoch mehrere alternative Wirkungen des Procains entdeckt, wie membranstabilisierend, antiarrhythmisch, bronchospasmolytisch, antiinflammatorisch, perfusionssteigernd, mikrozirkulationsfördernd, antikanzerogen u. a. m. [76, 77, 88–92].

Indikationen

Die Neuraltherapie wird bei der Behandlung einer Vielzahl von akuten und chronischen, reversiblen und funktionellen Störungen und Erkrankungen eingesetzt [36, 43, 44]. In der Klinik kann die Anwendung sowohl zu diagnostischen als auch zu therapeutischen Zwecken oder als Ergänzung zu konventionellen medizinischen Behandlungen erfolgen [44].

Da es sich bei der Neuraltherapie um eine moderne Regulationsmethode handelt, die alle Regelkreise des Organismus wie Nerven-, Hormon-, Immun-, Kreislauf- und Lymphsystem sowie das muskuloskeletale System und die inneren Organe betrifft, sind die Anwendungsmöglichkeiten vielfältig [13, 14]. Das autonome Nervensystem, insbesondere der Sympathikus, ist an Schmerzsensibilisierungsprozessen, Immun- und Entzündungsprozessen, Endothelschäden und Mikrozirkulationsstörungen mit möglichen neuroplastischen Veränderungen beteiligt [33]. Nach einem vorübergehenden „Reset“ des Sympathikus durch die Neuraltherapie reorganisiert sich das System in einen physiologischen Zustand, vorausgesetzt die Regulationsfähigkeit bleibt erhalten. Es liegen Beobachtungen vor, die auf eine Verbesserung pathologischer Zustände des Immunsystems, der Entzündung, der Endothelfunktion und der Mikrozirkulation hinweisen. Die-

se können als Folge der Interaktion des autonomen Nervensystems mit der Neuraltherapie interpretiert werden [13, 14, 74, 75, 93–97].

Zusammenarbeit Neuraltherapie mit manueller und osteopathischer Medizin

Die Wiederherstellung des physiologischen Gleichgewichts zwischen Sympathikus und Parasympathikus konstituiert eines der fundamentalen Prinzipien der Neuraltherapie. Diese verbesserte Homöostase manifestiert sich in positiven Effekten sowohl auf das muskuloskeletale System als auch auf die inneren Organe. Störfelder, wie z.B. bestimmte Narben, können signifikante Funktionsstörungen im muskuloskeletalen Bereich, einschließlich des Zwerchfells, verursachen. In diesem Kontext spielt das autonome Nervensystem eine entscheidende Rolle. Nach neuraltherapeutischer Behandlung dieser Veränderungen, die auch als neuromodulatorische Trigger bezeichnet werden [54, 55, 62, 75, 78, 100] ist zu beobachten, dass die Effekte manueller oder osteopathischer Therapien deutlich länger anhalten.

Faszien

Faszien nehmen eine signifikante Rolle im menschlichen Körper ein und fungieren zudem als Sinnesorgane [101–104]. Die Versorgung der Faszien mit sympathischen Fasern und sensorischen Elementen impliziert, dass die Faszien ohne segmentale Grenzen [104] auch neuronal von jedem Ort aus, sogar über die Psyche, beeinflusst werden und über neuronale Verschaltungen auch jeden anderen Ort im Organismus erreichen können [105]. Faszien besitzen aktive kontraktile Fähigkeiten [8, 24, 75, 105] in Abhängigkeit vom Sympathikotonus. Infolgedessen kann die Regulierung des Sympathikotonus durch Neuraltherapie den Tonus der Faszien günstig beeinflussen. Auch der direkte neuronale „Reset“ mit dem Lokalanästhetikum an der Faszie selbst reduziert bzw. reguliert deren Tonus. Da eine direkte Beeinflussung des Zwerchfells aus technischen Gründen nicht möglich ist, erfolgt die Beeinflussung der Reflektorik (über das Hinterhorn

und weitere Verschaltungen) mittels neuraltherapeutischer Maßnahmen [8, 75, 85].

Lymphatisches System

Die Regulation des Sympathikus scheint auch für die Reaktion des lymphatischen Systems von signifikanter Relevanz zu sein [79, 81, 90, 98].

Es wird argumentiert, dass diese Reaktion eine signifikante Rolle bei der Entstehung von Schmerzen spielt, insbesondere bei der schmerz- oder nozizeptiv bedingten Lymphabflussstase, die für das Verständnis der Schmerzpathogenese zunehmend an Bedeutung gewinnt [79–81, 98]. Es bestehen zahlreiche Bezüge zu neuraltherapeutischen Maßnahmen, insbesondere zur gezielten Injektion und Manipulation des Lymphabflusses und neuerdings auch zur Lymphmanipulation. Auch beim Menschen konnte gezeigt werden, dass Injektionen in das Kostotransversal- und Kostovertebralgelenk Auswirkungen auf die Sympathikusaktivität haben. Dieser Befund könnte eine Erklärung dafür liefern, warum Injektionen im Sinne der Neuraltherapie sowie die manipulative und mobilisierende Behandlung der Rippen häufig einen positiven Einfluss auf die Zwerchfelldysfunktion haben. Diese beruht ebenfalls häufig auf vasomotorischen Dysregulationen, die wiederum in hohem Maße vom sympathischen Nervensystem abhängig sind [48].

Der vorliegenden Arbeit zufolge spielt diese Reaktion eine signifikante Rolle bei der Entstehung von Schmerz, insbesondere in Zusammenhang mit der schmerzbedingten oder nozizeptiven Lymphabflussstase, die einen zunehmenden Einfluss auf das Verständnis der Schmerzpathogenese nimmt [7, 8, 13, 14, 106]. Es bestehen zahlreiche Bezüge zu neuraltherapeutischen Maßnahmen, da sowohl segmentale als auch übergeordnete vegetative Regulationsmechanismen in die Behandlung einbezogen werden und eine Wiederherstellung des physiologischen Gleichgewichts im Sinne der Regulationstherapie angestrebt wird.

Sonstige Indikationen. In der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse der Labor- und Klinikstudie präsentiert. Dabei zeigt sich, dass es in beiden Einrichtungen

zu signifikanten antikanzerogenen Effekten gekommen ist [88, 89, 92, 96].

Nebenwirkungen/Komplikationen

Aufgrund der ubiquitären Präsenz von Pseudocholinesterase weist Procain eine nahezu vollständige Nebenwirkungsfreiheit auf und zeigt keine signifikanten Wechselwirkungen mit anderen Medikamenten (s. oben).

Komplikationen können jedoch bei Anwendung einer inkorrekten Injektionstechnik auftreten. Von äußerster Wichtigkeit ist, dass ein Lokalanästhetikum nicht in ein hirnzuführendes Gefäß oder den Liquorraum gelangt, da dies zu schwerwiegenden Komplikationen wie z.B. einer Epilepsie oder einer Gefährdung der Vitalfunktionen führen kann. Zudem ist die Vermeidung eines Pneumothorax von entscheidender Bedeutung.

Wirkmechanismen

Einige wichtige Wirkmechanismen der Neuraltherapie sind:

- Es erfolgt eine vorübergehende Unterbrechung neuronaler Reflexbögen, gefolgt von einer Selbstorganisation der schmerzverarbeitenden Systeme sowie der Entzündungssysteme.
- Es besteht ein Einfluss auf pathologische Kopplungen wie „sympathetic afferent coupling“ oder „sympathetic sprouting“, die vermindert oder aufgehoben werden können.
- Bei peripherer und/oder zentraler Sensibilisierung (mit evtl. nachfolgenden neuroplastischen Veränderungen) kann die Neuraltherapie desensibilisierend wirken. Gleiches gilt für pathologische neuroimmune Interaktionen [90, 92–94].

Wirksamkeit, Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit

In den letzten Jahren haben mehrere Studien mit großen Patientenzahlen die Effektivität, Sicherheit und Kosteneffizienz der Neuraltherapie eindrucksvoll belegt. Besonders hervorzuheben sind Arbeiten wie die von Mermod et al. [107], die die Effektivität bei chronischen Schmerzsyndromen untersuchte, sowie die umfassenden

Ergebnisse von Egli et al. [108], die den breiten Einsatz der Neuraltherapie bei verschiedenen funktionellen Störungen analysierten. Eine neuere Untersuchung von Badwe et al. [88] zeigte zudem eine signifikante Verbesserung der Lebensqualität und eine Reduktion der Behandlungskosten durch den gezielten Einsatz neuraltherapeutischer Verfahren.

Zusammenfassungen dieser und weiterer Studien finden sich in den Arbeiten von Fischer et al. [85], Nazlikul u. Babacan [29] sowie im systematischen Scoping Review von Vinjes et al. [98]. Diese Veröffentlichungen verdeutlichen, dass Neuraltherapie nicht nur eine sichere und effektive Methode zur Behandlung akuter und chronischer Erkrankungen ist, sondern auch eine wirtschaftliche Alternative zu herkömmlichen Behandlungsmethoden darstellt. Die Studien weisen darauf hin, dass der Einsatz von Neuraltherapie die Gesamtkosten des Gesundheitssystems durch eine Reduktion von medikamentösen Langzeitbehandlungen und operativen Eingriffen erheblich senken kann.

Neben ihrer Kosteneffizienz unterstreicht die Neuraltherapie ihre Wirksamkeit durch ihre hohe Patientensicherheit. Die Verwendung von Lokalanästhetika wie Procain, das durch die ubiquitäre Pseudocholinesterase rasch abgebaut wird, minimiert das Risiko systemischer Nebenwirkungen. Dies macht die Neuraltherapie zu einer äußerst zuverlässigen und gut verträglichen Behandlungsoption, die gleichzeitig die regulatorischen und plastischen Fähigkeiten des autonomen Nervensystems gezielt adressiert.

Die Evidenzlage zeigt, dass Neuraltherapie ein integraler Bestandteil moderner, patientenzentrierter Medizin sein kann, der sowohl klinisch wirksam als auch wirtschaftlich tragfähig ist.

Neuraltherapieprotokoll von Nazlikul

Segmentale Therapie

- Dermatome und Subkutane sind ein und dasselbe: C2–Th9.

Facetteninjektionen je nach Grad der Reizung und des Befundes erfolgen unter Berücksichtigung der Processus-spinosus-Sensibilität (PS-Sensibilität) und unter Ver-

wendung eines geeigneten Lokalanästhetikums (LA).

- Quaddeln, Faszien, Triggerpunkte an Periostrum und Gelenken, insbesondere Facetten (C1, C2, C3, C4, C5), Tonsillen, Schilddrüse und Ohr
- C2–Th9 Quaddeln und Facetten
- Interkostale Injektionen Th4–Th7

Ganglioninjektion

- Ganglion cervicale superius
- Ganglion cervicale inferius
- Injektion Punctum nervosum
- Injektion am Ganglion coeliacum
- L1 und L2

Manuelle Therapie und das Zwerchfell

Die manuelle Medizin umfasst eine Reihe von Techniken, bei denen der Therapeut seine Hände einsetzt, um Gelenke, Muskeln und Gewebe zu untersuchen, zu diagnostizieren und zu behandeln. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Untersuchung, Diagnose und Behandlung von Gelenken, Muskeln und Geweben [24, 25, 37, 40, 42, 48, 109].

Die manuelle Medizin befasst sich mit reversiblen Störungen des Bewegungsapparates, wobei anzumerken ist, dass diese Störungen nicht unmittelbar in den Haltnungs- und Bewegungsorganen selbst liegen. Vielmehr ist eine Störung an anderer Stelle des Körpers denkbar, die sich lediglich im Bewegungsapparat manifestiert. Die Voraussetzung für eine solche manualmedizinische Intervention ist jedoch stets das Erhalten der strukturellen Integrität der einzelnen Bestandteile des Bewegungsapparates. Dementsprechend sind lediglich das räumliche und funktionelle Verhältnis dieser Elemente potenziell gestört. Das Ziel manualmedizinischer Arbeit ist demnach nicht die Wiederherstellung der zerstörten Struktur, sondern die Wiederherstellung der gestörten Ordnung [37, 42, 54, 63, 64, 84, 109–111].

Eine anhaltende Störung manifestiert sich in Form von Hartspann. Eine Reizung der Spinalnervenzwurzel im Dermatome, Myotome und Sklerotome führt i. d. R. zu einer Veränderung der Sensibilität und Motorik. Jedes Reizereignis, das den Schwellenwert überschreitet, resultiert in einer Zunahme der Spannung in der segmen-

talen Muskulatur und einer erhöhten Sensibilität für weitere Reize. Die Interaktion der Muskeln in komplexen Kettenreaktionen beeinflusst wiederum die Motorik [38, 40, 54, 58, 62, 64, 65, 109].

Die manuelle Diagnostik integriert neben den traditionellen medizinischen Diagnoseverfahren eine Reihe von palpatorischen Untersuchungstechniken, die auf anatomischen, biomechanischen und neurophysiologischen Prinzipien basieren [64, 65, 111]. In der manuellen Therapie werden neben den etablierten Behandlungsmethoden zusätzliche Grifftechniken eingesetzt, die darauf abzielen, Schmerz zu reduzieren oder therapeutische Reize zu setzen [48]. Die Ergebnisse der manuellen Diagnostik tragen zudem zur aktiven Partizipation der Patientinnen und Patienten in präventiven Maßnahmen bei [62, 64, 65, 109].

Manuelle Manipulation

Das Zwerchfell ist an den unteren Rippen, den Wirbeln und dem Schwertfortsatz sowie an zahlreichen Faszien befestigt. Diese Befestigungen sind von signifikanter Relevanz, da Funktionsstörungen des Zwerchfells zu biomechanischen Problemen an anderen Stellen des Körpers führen können, da die Spannung über die Faszie übertragen wird. Zur manuellen medizinischen Behandlung des muskulären Zwerchfells existieren mehrere Ansätze. Nachfolgend werden die Techniken zur Zwerchfellwölbung und zur indirekten Zwerchfellfreisetzung sowie ihre Anwendungsmöglichkeiten erläutert. Manipulationstechniken zur Verbesserung der Beweglichkeit der Wirbelsäule, der Rippen und des Zwerchfells können dazu beitragen, Verspannungen zu lösen und die normale Funktion wiederherzustellen [62, 64, 65, 109].

Das Zwerchfell erfüllt im menschlichen Körper eine Vielzahl von Funktionen. In vielen Fällen hat sich eine kombinierte Anwendung von Neuraltherapie, manueller medizinischer Mobilisation und Manipulation nach Injektion in die aktiven Triggerpunkte als vorteilhaft erwiesen. Die komplexen Verbindungen des Zwerchfells mit dem Nervensystem, dem muskuloskeletalen System und weiteren Strukturen führen zu einer Vielzahl von Vorteilen [7, 8].



Abb. 4 ▲ Mobilisation des Zwerchfells in zwei verschiedenen Positionen, die eingenommen werden, während sich der Patient in Rückenlage befindet. **a** Der Therapeut hat seine Daumen in einer speziellen Position unterhalb des Rippenbogens platziert, um das Zwerchfell zu lokalisieren und für die Mobilisation vorzubereiten. Die Hände des Therapeuten sind so positioniert, dass sie gezielten Druck ausüben können. **b** Nach dem Einatmen (Inspiration) des Patienten übt der Therapeut Druck auf die Daumen aus, um das Zwerchfell zu dehnen. Diese Technik wird in der Ausatemungsphase durchgeführt, um eine effektive Mobilisation des Zwerchfells zu gewährleisten. (Foto: J. M. Werner, mit freundlicher Genehmigung)

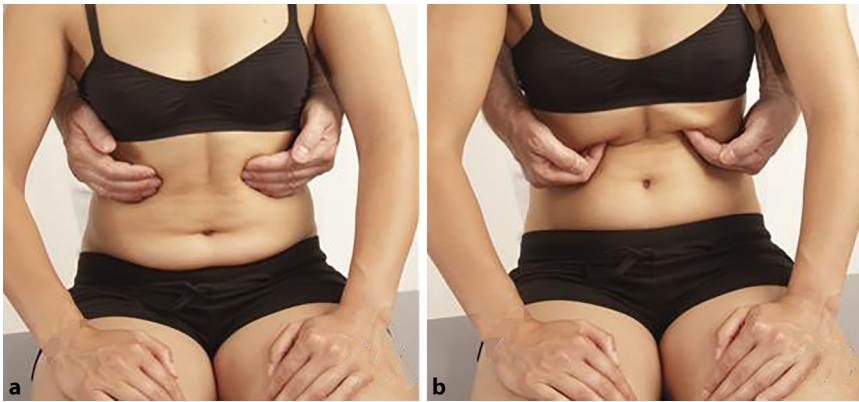


Abb. 5 ▲ Mobilisation des Zwerchfells von hinten in zwei unterschiedlichen Phasen. **a** Der Patient sitzt auf einer Liege, während der Therapeut hinter dem Patienten steht. Die Hände des Therapeuten sind so positioniert, dass die Finger direkt unterhalb des Rippenbogens liegen, um das Zwerchfell zu erreichen. Diese Position dient der Vorbereitung auf die Mobilisation. **b** Während der Patient einatmet, übt der Therapeut einen sanften, gezielten Zug nach außen auf das Zwerchfell aus. Dies erfolgt durch die Finger, die das Zwerchfell leicht nach außen und oben dehnen. (Foto: J. M. Werner, mit freundlicher Genehmigung)

Mobilisation

Durch den gezielten Einsatz von Mobilisationsübungen (▣ **Abb. 4 und 5**) lässt sich die Muskelverspannung lösen und die Beweglichkeit des Zwerchfells verbessern [63, 64, 109].

Die beschriebene Methode ist besonders nach einer neuraltherapeutischen Intervention von Bedeutung, da die Dehnung des Zwerchfells zur Wiederherstellung der Zwerchfellfunktion beiträgt. Dies kann die Atmung verbessern und die Gesamteffizienz der Behandlung erhöhen.

Diese Technik eignet sich auch für die Selbstmobilisation des Patienten. Dabei

kann der Patient selbst seine Finger unterhalb des Rippenbogens (etwa 2–5 cm) platzieren und während des Einatmens das Zwerchfell nach außen dehnen. Dies fördert die Eigenregulation und kann die Zwerchfellfunktion effektiv unterstützen.

Die gezeigte Methode wird oft zur Wiederherstellung der Zwerchfellbeweglichkeit und zur Verbesserung der Atmung nach neuraltherapeutischen oder manuellen Interventionen eingesetzt.

Atemtherapie

Manualtherapeuten sind in der Lage, Atemtechniken und -übungen zu emp-

fehlen, die darauf abzielen, die Atemmuskulatur zu stärken und die Koordination der Atembewegungen zu verbessern [63–65, 109].

Myofasziale Release-Techniken

Der Fokus dieser Techniken liegt auf der Auflösung von Verklebungen und Verspannungen im Bindegewebe (Faszien), was potenziell zu einer Verbesserung der Beweglichkeit führen kann [29]. Die Anwendung neuromuskulärer Techniken erfolgt mittels muskulärer Energie, Gelenkpositionierung, myofaszialer oder postisometrischer Entspannung auf das Weichteilgewebe einschließlich des viszeralen Bindegewebes und Lymphgewebes [58, 59, 62–64]. Dies umfasst die myofaszialen Techniken [58, 62–64], die eine gezielte Entspannung des Zwerchfells und des umliegenden Gewebes bewirken. Es ist von essenzieller Bedeutung, dass vor Beginn einer manualmedizinischen Behandlung eine gründliche Diagnostik durch einen Arzt oder Spezialisten erfolgt, um die genaue Ursache der Zwerchfellstörung festzustellen.

Mögliche therapeutische Ansätze, die den Zwerchfellmuskel einbeziehen, sind die sanfte myofasziale Release-Technik und therapeutische Techniken, die auf andere Bereiche des Zwerchfells im menschlichen Körper abzielen. Die myofasziale Technik umfasst die Dehnung des myofaszialen Komplexes bei geringer Belastung und langer Dauer mit dem Ziel, die optimale Länge des Komplexes wiederherzustellen [69, 109, 111].

Der Behandelnde nimmt zunächst eine manuelle Untersuchung des myofaszialen Komplexes vor, um die Faszien einschränkung zu lokalisieren. Anschließend wird Druck auf die Haut in Richtung der Einschränkung ausgeübt, bis ein Widerstand (die Gewebebarriere) manuell wahrgenommen wird. Im Anschluss wird die kollagene Barriere für einige Minuten aktiviert, ohne über die Haut zu gleiten oder das Gewebe zu zwingen, bis das Band beginnt, dem Komplex nachzugeben und ein Gefühl der Erweichung erreicht wird [66, 87]. Mehrere Studien haben die Wirkung der manuellen Therapie bei COPD untersucht [69].

Der Zugang zu den Patienten variiert in Bezug auf die eingesetzten Techniken

sowie das Zeitmanagement. Dies umfasst Maßnahmen wie die Mobilisierung der Brustwirbelsäule, Lymphdrainage oder -pumpe, Zwerchfellentlastung sowie Triggerpunkttherapie, Massage, Rippenartikulationstechniken, myofasziale Entlastung des Thoraxausgangs, subokzipitale Dekompression und Muskeldehnung [112]. Die Hände sollten leicht auf die seitlichen Rippenränder gelegt werden, um ein Feedback über die Rippenatmung zu erhalten. Die Hände können vor den Rippenrändern gehalten werden, wobei die Daumen auf Höhe der Rippenränder liegen und die anderen Finger auf den oberen Rippen ruhen. Diese manuelle Position kann zur Beurteilung der Zwerchfellverlagerung verwendet werden. Die Mobilisierung des Zwerchfells nach ventral sollte in der Mitte der Einatmung nach der Injektion erfolgen: Während der Patient atmet, werden zwei Daumen von unten auf den zeltartigen Bereich unterhalb der 12 Rippen im mittleren Teil des Zwerchfells gelegt und nach außen gestreckt. Die so durchgeführte Mobilisierung muss in einer Sitzung mit 5 bis 8 Inzisionen wiederholt werden. Die dorsale Mobilisierung des Zwerchfells sollte in der Mitte der Einatmung nach der Injektion erfolgen: Zu diesem Zweck werden 2 bis 5 Finger hinter dem Patienten unter dem zeltartigen Teil des Zwerchfells, der sich unterhalb der 12 Rippen in der Mitte des Patienten befindet, platziert und nach außen gestreckt.

Die gezielte Dehnung und Spannung von Muskeln, Sehnen und Bändern ist von entscheidender Bedeutung, um die Regeneration von Knorpel, Gelenken und Bandscheiben zu fördern. Für die gelenkstützenden Bänder und Sehnen ist die Stimulation der Kollagenfasern durch Längsdehnung von signifikanter Relevanz [87].

Zwerchfell-Doming

Die Handpositionierung und die Kraftvektoren am Diaphragma sind wesentliche Elemente dieser Methode. Eine häufig angewandte Technik ist das sog. Diaphragma-Doming, bei dem der Schwertfortsatz und der Rippenbogen auf der Vorderseite der Brust lokalisiert werden. Der Begriff „Doming“ wird in der Osteopathie und Manuellen Medizin verwendet und beschreibt eine therapeutische Technik, bei

der das Zwerchfell (Diaphragma) oder eine andere bogenförmige Struktur sanft nach kranial angehoben und entspannt wird. Ziel dieser Methode ist es, die elastische Spannung und Beweglichkeit des Gewebes wiederherzustellen, die Durchblutung und Lymphzirkulation zu verbessern sowie eine harmonische Atem- und Organbewegung zu fördern. Das „Doming“ dient somit der Regulation myofaszialer Spannungen, der Förderung der Zwerchfellbeweglichkeit und der Unterstützung autonomer Regulationsprozesse im Sinne der ganzheitlichen osteopathischen und manualtherapeutischen Behandlung. Nach erfolgreicher Lokalisierung platziert der Therapeut seine Daumen und Daumenballen etwa 5–6 cm unterhalb des Rippenbogens und betont den Kontakt mit der Unterseite des Zwerchfells bei der Ausatmung. Die Anwendung des Zwerchfell-Doming ähnelt der der Position von  Abb. 3b, wobei jedoch ein verstärkter Druckausgeführt wird. Die Übungen dienen der Verbesserung der Beweglichkeit und Kraft des Zwerchfells. Die Übungen können spezielle Atemtechniken oder körperliche Übungen zur Dehnung und Kräftigung des Zwerchfells und zur Unterstützung seiner normalen Funktion umfassen [113].

Hinsichtlich des Zwerchfells und der damit assoziierten Strukturen konnte in Studien nachgewiesen werden, dass diese Technik zur Reduktion anhaltender Schmerzen in der HWS beitragen kann. Dies ist darauf zurückzuführen, dass das Zwerchfell vom N. phrenicus (C3–C5) innerviert wird. Im Jahr 2016 wurde eine Studie publiziert, in der die Autoren die Wirkung der Behandlung distaler Gewebe nachweisen wollten, die neurologisch mit den ursprünglichen Wirbelsäulensegmenten in Verbindung stehen [113].

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden die Schmerzdruckschwellen in der paraspinalen Muskulatur von C4, dem lateralen Ende des Schlüsselbeins sowie im oberen Drittel des M. tibialis anterior vor und nach der Zwerchfellfreisetzungsbehandlung gemessen. Die Ergebnisse zeigen eine statistisch signifikante Hypoalgesie im Wirbelsäulensegment von C4, die nach der Behandlung auftrat [1, 86]. Dieses Resultat legt nahe, dass eine Zwerchfellbehandlung aufgrund ihrer Verbindung zum

N. phrenicus eine unmittelbare Wirkung auf C4 ausüben kann [7, 8, 86].

Weitere Therapiemöglichkeiten

Je nach Art der Zwerchfellstörung können folgende Therapieansätze zum Einsatz kommen:

- *Atemtherapie*: Spezielle Atemtechniken können helfen, die Funktion des Zwerchfells zu verbessern und die Atmung zu regulieren.
- *Physiotherapie*: Ein Physiotherapeut kann Übungen empfehlen, die die Muskulatur um das Zwerchfell herum stärken und die Beweglichkeit verbessern.
- *Ernährungsberatung*: Bei Zwerchfellbrüchen oder anderen Verdauungsstörungen kann eine Ernährungsumstellung hilfreich sein.
- *Medikamentöse Therapie*: In einigen Fällen können Medikamente verschrieben werden, um die Symptome zu lindern oder die zugrunde liegenden Ursachen zu behandeln.
- *Chirurgischer Eingriff*: Bei schweren Zwerchfellproblemen wie Hernien kann ein chirurgischer Eingriff notwendig sein.

Schlussfolgerungen

Die Atmung ist eine systemische Aktivität, an der mehrere Teile des Körpers beteiligt sein können. Die Gesundheit des Zwerchfells ist für viele Patienten von entscheidender Bedeutung, nicht nur für solche mit Atemwegserkrankungen. Der Einfluss des vegetativen Nervensystems spielt bei Zwerchfellstörungen eine große Rolle, denn jede Einschränkung der Beweglichkeit beim Ein- und Ausatmen oder im Bereich des Brustkorbs kann zu Beschwerden führen.

Ein adäquates Training des wichtigsten Atemmuskels kann in verschiedenen klinischen Situationen von Vorteil sein. Allerdings beschäftigen sich nur wenige Autoren mit therapeutischen Techniken, der Neuraltherapie sowie mit manuellen Ansätzen, die sich insbesondere auf die manuelle Beurteilung und Behandlung des Zwerchfells konzentrieren.

Die Neuraltherapie und die manuelle medizinische Behandlung als Kombinati-

onstherapie umfassen Injektionen und eine Reihe von Techniken, deren Ziel die Verbesserung der homöostatischen Funktion des Körpers als ganzheitliche Einheit ist. Der Körper verfügt über die Fähigkeit, nach einem kleinen Reiz oder Impuls eine Regeneration auszulösen, deren Regenerationsfähigkeit unter den richtigen Bedingungen als bemerkenswert einzustufen ist. Im Vergleich zu anderen medizinischen Verfahren sind Neuraltherapie und manuelle Medizin kostengünstiger und weniger invasiv.

Das Prinzip der ganzheitlichen Betrachtung des Körpers als eine funktionierende Einheit steht bei der Neuraltherapie und der manuellen Medizin im Vordergrund. Trotz der positiven Aspekte dieser Verfahren ist ihre Anwendung stark eingeschränkt. Ein wesentlicher Faktor ist die Einwilligung des Patienten.

Das Ziel dieses Beitrags ist die Vorstellung einer Hypothese für die Diagnose von Zwerchfellstörungen mit invasiven Methoden. Gleichzeitig wird dem Kliniker eine Therapiemöglichkeit mit Neuraltherapie und manueller Zwerchfelldiagnostik vorgestellt, wobei besonderes Augenmerk auf die anatomischen Grundlagen und Zusammenhänge gelegt wird.

Der Zwerchfellmuskel stellt ein äußerst komplexes Strukturorgan dar, das eine Vielzahl von Funktionen erfüllt, die sich auf die Gesundheit des gesamten Körpers auswirken. Dazu gehören essenzielle Funktionen wie die Atmung, die Körperhaltung, die Organfunktion, die Beckenfunktion sowie die Funktion des Mundbodens. Darüber hinaus ist der Zwerchfellmuskel von entscheidender Bedeutung für die HWS, das Trigeminussystem und die Brustdrüse. Im Gefäß- und Lymphsystem spielt er ebenfalls eine wesentliche Rolle.

Im Rahmen der Diagnose und Therapie von Zwerchfellstörungen ist es daher von entscheidender Bedeutung, neben der Zwerchfelmuskulatur auch die Innervation und klinische Bedeutung des N. phrenicus zu berücksichtigen. Das Zwerchfell darf nicht isoliert betrachtet werden, sondern ist Teil eines komplexen Körpersystems. Zusammenfassend lässt sich konstatieren, dass eine Störung der Zwerchfellfunktion erhebliche klinische Konsequenzen haben kann.

Unabhängig von der Ursache kann eine Zwerchfellinsuffizienz negative klinische Auswirkungen haben, weshalb eine gründliche Untersuchung zur Ermittlung der Ursache erforderlich ist, um die Symptome und Auswirkungen auf den Schlaf und die körperliche Leistungsfähigkeit angemessen behandeln zu können. In die Untersuchung sollten die Auswirkungen auf die Symptome, die Schlafhomöostase und die körperliche Leistungsfähigkeit miteinbezogen werden. Die manuelle ärztliche Untersuchung sowie der zunehmend verfügbare Ultraschall stellen ein einfaches und wirksames Mittel zur routinemäßigen Beurteilung der Zwerchfellfunktion dar. Die gezielte Beeinflussung des vegetativen Nervensystems, z. B. durch Neuraltherapie und manuelle Therapie, hat sich als effektive Methode zur Behandlung von chronischen Syndromen, die durch Zwerchfellstörungen verursacht werden, erwiesen.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Dr. med. Hüseyin Nazlikul

Association for Manual Medicine, Pain and Regulatory Medicine
Istanbul, Turkey
hnazlikul@web.de

Danksagung. Wir möchten an dieser Stelle unseren besonderen Dank an folgende Personen richten, die mit ihrem Wissen und ihrer Unterstützung wesentlich zum Gelingen dieses Manuskripts beigetragen haben: Herrn Prof. Dr. Lorenz Fischer danken wir herzlich für seine außerordentliche Unterstützung auf dem Gebiet der Neuraltherapie. Neben der kritischen Durchsicht des Manuskripts hat er uns mit wertvollen Hinweisen zur präzisieren Darstellung der Wirkungsmechanismen der Neuraltherapie sowie der Neuropsychologie der Atmung maßgeblich geholfen. Herrn Dr. Hans Barop gilt unser besonderer Dank für seine wertvolle Unterstützung, insbesondere für die Bereitstellung fundierter Literatur, darunter das Neuroanatomiebuch von Max Clara, und seine kritischen Anmerkungen zur Neuroanatomie. Herrn Prof. Dr. Uwe Reuter und Herrn Dr. med. Ralf Oettmeier danken wir für ihre Unterstützung bei der Vertiefung unseres Verständnisses über die Wirkungsweise von Procain und Lidocain. Herrn Prof. Dr. M. Dincer Bilgin sprechen wir unseren tief empfundenen Dank aus für seine hervorragenden Beiträge zur Biophysik, Physiologie und Pathophysiologie der Atmung. Seine Erläuterungen zur Funktionsweise des Zwerchfells haben unsere Arbeit maßgeblich bereichert. Herrn Prof. Dr. Yusuf Tamam danken wir besonders für seine wertvolle Darstellung der komplexen Zusammenhänge zwischen neurodegenerativen Erkrankungen, Atmung und Zwerchfelfunktionsstörungen, die unser Verständnis in diesem Bereich entscheidend erweitert hat. Ebenso danken wir Frau Elvan Atac für ihre

Bereitschaft, als Modell für die Untersuchungstechniken zur Verfügung zu stehen. Des Weiteren gebührt unser Dank dem Fotografen Dr. J. M. Werner sowie Selda Günyak, die uns freundlicherweise als Modell zur Verfügung stand. Abschließend sei es gestattet, einen tiefen Dank an einen bedeutenden Lehrer und Wissenschaftler auszusprechen, den wir im Jahr 2019 unerwartet verloren haben: *Dr. Wolfgang von Heymann*. Sein unermüdliches Engagement für den Aufbau von Strukturen und Vereinen in der manuellen Medizin nicht nur in Deutschland, sondern auch in der Türkei, sowie sein prägender Einfluss haben diese Arbeit wesentlich mitgestaltet und ermöglicht. Ohne seine visionären Ansätze und richtungsweisenden Beiträge wäre es uns nicht möglich gewesen, die Zusammenhänge in dieser Form darzustellen. Seine herausragenden Leistungen bleiben für uns und die gesamte medizinische Gemeinschaft unvergessen. Wir schätzen die konstruktiven Anregungen und das Engagement unserer Kollegen sehr, die dazu beigetragen haben, die Qualität und Aussagekraft dieses Manuskripts zu verbessern.

Förderung. Diese Forschungsarbeit erhielt keine spezifischen Fördermittel von öffentlichen, kommerziellen oder gemeinnützigen Einrichtungen.

Author Contribution. Die Beiträge der Autoren H. Nazlikul und F.G. Ural Nazlikul sind über den gesamten Artikel hinweg als gleichwertig zu betrachten. L. Fischer und H. Barop haben den Abschnitt „Neuraltherapie“ maßgeblich unterstützt.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. H. Nazlikul und F.G. Ural Nazlikul geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autor/-innen keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung - Nicht kommerziell - Keine Bearbeitung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die nicht-kommerzielle Nutzung, Vervielfältigung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Die Lizenz gibt Ihnen nicht das Recht, bearbeitete oder sonst wie umgestaltete Fassungen dieses Werkes zu verbreiten oder öffentlich wiederzugeben. Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen. Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.

Literatur

- Anraku M, Shargall Y (2009) Surgical conditions of the diaphragm. Anatomy and physiology. Thorac Surg Clin 19:419–429. <https://doi.org/10.1016/j.thorsurg.2009.08.002>
- Paoletti S (2001) Faszien, Anatomie – Strukturen – Techniken – Spezielle Osteopathie. Urban & Fischer, München
- Pickering M, Jones JF (2002) Das Zwerchfell: zwei physiologische Muskeln in einem. J Anat 201(4):305–312
- Clara M (1942) Das Nervensystem des Menschen. Johann Ambrosius Barth, Leipzig
- Ratnovsky A et al (2005) Anatomical model of the human trunk for analysis of respiratory muscles mechanics. Respir Physiol Neurobiol. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2004.12.016>
- Cohen AJ, Katz MG, Katz R, Mayerfeld D, Hauptman E, Schachner A (1997) Phrenic nerve injury after coronary artery grafting: Is it always benign? Ann Thorac Surg 64:148–153. [https://doi.org/10.1016/S0003-4975\(97\)00288-9](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(97)00288-9)
- Ural Nazlıkul FG, Nazlıkul H (2025) Diaphragmatic dysfunctions and their treatment: neural therapy and manual medicine as effective approaches. Int Clin Med Case Rep J 4(1):1–8
- Nazlıkul H (2024) Diaphragma-Dysfunktionen: Eine oft übersehene Ursache von Gesundheitsproblemen – Effektive Behandlung durch Neuraltherapie und Manuelle Medizin. Ganzheitsmedizin 37(4)
- Dubé B-P, Dres M (2016) Diaphragm dysfunction: diagnostic approaches and management strategies. J Clin Med 5:113. <https://doi.org/10.3390/jcm5120113>
- Mizuno M (1991) Human respiratory muscles: fibre morphology and capillary supply. Eur Respir J 4:587–601
- deCoster M, Pollaris A (2001) Viszerale Osteopathie. Hippokrates
- Bordoni B (2020) The five diaphragms in osteopathic manipulative medicine: myofascial relationships, part 1. Cureus 12:e7794
- Barop H (2015) Lehrbuch und Atlas Neuraltherapie, 2. Aufl. Haug
- Barop H (2017) Textbook and atlas of neural therapy. Diagnosis and therapy with local anesthetics. Thieme, Stuttgart, New York
- Banneheka S (2008) Morphological study of the cervical anlage and the phrenic nerve. Anat Sci Int 83(1):31–44
- Tubbs RS, Stetler W, Kelly DR, Blevins D, Lott R, Humphrey R, Mohammadali Shoja M, Loukas M (2008) Immunohistochemical study of the phrenic ganglion. Anat Sci Int 83(3):159–161. <https://doi.org/10.1111/j.1447-073X.2007.00224.x>
- Bordoni B, Zanier E (2013) Anatomic connections of the diaphragm: influence of respiration on the body system. J Multidiscip Healthc 6:281–291
- McKenney K, Elder AS, Elder C, Hutchins A (2013) Myofascial release as a treatment for orthopaedic conditions: a systematic review. J Athl Train 48:522–527
- Bordoni B, Marelli F (2015) The fascial system and exercise intolerance in patients with chronic heart failure: hypothesis of osteopathic treatment. J Multidiscip Healthc 8:489–494
- Jänig W (2006) The integrative action of the autonomic nervous system. Cambridge University Press, Cambridge
- Henderson AT, Fisher JF, Blair J, Shea C, Li TS (2010) Effects of rib raising on the autonomic nervous system: a pilot study using noninvasive biomarkers. J Am Osteopath Assoc 110(3):324330
- Myers TW (2010) Antomy Trains – Myofasziale Leitbahnen, 2. Aufl. Urban & Fischer Elsevier, München
- Nazlıkul H (2020) İnflamatuvar Bağışsak hastalığı regülasyon tıbbi nöralterapi yaklaşımı. J Complement Med Regul Neural Ther 14(3):80–92
- Nazlıkul H (2010): Nöralterapi – Nörofizyoloji, Temel Sistem, Bozucu Alan, Vejetatif Sinir Sistemi, Enjeksiyon Teknikleri ve Tedavi Önerileri, İstanbul 2010, Nobel Tip Kitapevleri = Neural Therapy – Neurophysiology, Basic System, Disruptive Field, Vegetative Nervous System, Injection Techniques and Treatment Recommendations, İstanbul 2010, Nobel Tip Kitapevleri
- Nazlıkul UFG, Bölük Şenlikci H (2022) Lökomotor sistem hastalıklarında nöralterapi. In: Babacan CA (Hrsg) Ozon ve Nöralterapi, 1. Aufl. Türkiye Klinikleri, Ankara, S61–66
- Fischer L (1998) Neuraltherapie. Neurophysiologie, Injektionstechnik, Umsetzung in die Praxis, 1. Aufl. Hippokrates, Stuttgart
- Fischer L (1995) Neuraltherapie in der Notfallmedizin. Arzte F NHV 9:676–685
- Nazlıkul H, Ural FG, Öztürk GT, Öztürk ADT (2018) Evaluation of neural therapy effect in patients with piriformis syndrome. J Back Musculoskeletal Rehabil 31(6):1105–1110
- Nazlıkul H, Babacan A (2019) Nöralterapi ve enjeksiyonlardaki rolü = Neuraltherapy and its role in injections. In: Babacan A (Hrsg) Ağrı ve Enjeksiyonlar, 1. Aufl. Türkiye Klinikleri, Ankara, S110–117
- Vinyes D, Muñoz-Sellar M, Caballero TG (2022) Local anesthetics as a therapeutic tool for post COVID-19 patients: a case report. Medicine 101(28):e29358. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000029358>
- Freidin M, Kessler JA (1991) Cytokine regulation of substance expression in sympathetic neurons. Proc Natl Acad Sci USA
- Fischer L, Ludin SM, Thommen D, Hausamann R (2010) Application for the adoption of interference field therapy (neural therapy according to Huneke) into the health benefit basket of the compulsory health insurance. Swiss Federal Office of Public Health
- Fischer L (2020) Stellate ganglion. In: Weinschenk S (Hrsg) Handbuch Neuraltherapie – Diagnostik und Therapie mit Lokalanästhetika. Thieme, Stuttgart, S413–416
- Jänig W (2011) Rolle von motorischen Rückkopplungsmechanismen in der Erzeugung von Schmerzen. In: Fischer L, Peuker ET (Hrsg) Lehrbuch Integrative Schmerztherapie. Haug, Stuttgart, S81–89
- Nazlıkul H, Bilgin MD (2022) What is Neural Therapy? The Effect of Neural Therapy on Chronic Inflammatory Diseases (Chronic Inflammatory Bowel Diseases) – Nöralterapi nedir? Kronik inflamatuvar hastalıklarda (kronik inflamatuvar bağışsak hastalıkları) nöralterapi etkinliği. In: Babacan CA (Hrsg) Ozon ve Nöralterapi, Bd 1. Türkiye Klinikleri, Ankara, S36–44
- Nazlıkul H (2015) Nöralterapi Ders Kitabı, 2. Aufl. İstanbul Nobel Tip Kitapevi 2015 – Neuraltherapy Textbook. Nobel Medical Bookstore, İstanbul
- Nazlıkul H (2014) Die segmentale vertebrale Dysfunktion ist ein multikausales Geschehen. Man Med 52(5):432–436
- Wolff HD (1984) Manuelle Medizin bei Kreuz- und Gelenkschmerzen. In: Seithel R (Hrsg) Neuraltherapie 2 Grundlagen-Klinik-Praxis. Hippokrates, Stuttgart, S243–250
- Zimmermann M (1984) Die Neuraltherapie im Licht neuerer Erkenntnisse der neurobiologischen Forschung. In: Seithel R (Hrsg) Neuraltherapie 2 Grundlagen-Klinik-Praxis. Hippokrates, Stuttgart, S9–27
- Heymann W, Locher H, Böhni U (2012) Neuroanatomie Teil 2. Fakten und Hypothesen zu Fasien, Dura und Hirnstamm. Man Med 50:6–15
- El-Tantawi GA, Imam MH, Morsi TS (2016) Phrenic nerve conduction abnormalities correlate with diaphragmatic descent in chronic obstructive pulmonary disease. 11(1):1949–1956
- Nazlıkul H, Ural Nazlıkul FG, Çağlar Okur S, Türk A, Tamam C, Firdin F, Tamam Y (2020) Chiropractic approaches in locomotor system diseases. J Complement Med Regul Neural Ther 14(2)
- Fischer L (2019) Neuraltherapie: Neurophysiologie, Injektionstechnik und Therapieansätze, 5. Aufl. Thieme, Stuttgart
- Fischer L (2019) Nöralterapi Nobel Tip Kitapevleri
- Türk A, Nazlıkul H (2024) Stellat Gangliyon Blokajı ve Kardiyovasküler Hastalıklarda Nöralterapi Yaklaşımı = Stellate Ganglion Blockade and the Role of Neural Therapy in Cardiovascular Diseases. In: Akgül A (Hrsg) Kalp, Damar ve Ödem; Beslenme ve Egzersiz içinde. İÜÜ Üniversite Yayınevi, İstanbul, S115–124
- Vinyes D, Muñoz-Sellar M, Albareda Colilles G, Gurevich ML (2025) Procaine injections in myofascial tension points in the treatment of anxiety disorders: a case series. Int J Clin Case Rep Rev. <https://doi.org/10.31579/2690-4861/443>
- Nakayama T, Hashimoto K, Kiriya Y, Hirano K (2019) Optimal imaging conditions for the diagnosis of pleuroperitoneal communication. BMJ Case Rep 12(3)
- Nazlıkul H (2010) Thorakale Blockaden und Wirkung der Neuraltherapie in Kombination mit manueller Therapie. Man Med 48:329338. <https://doi.org/10.1007/s00337-010-0759-x>
- Steier J, Jolley CJ, Seymour J, Kaul S, Luo YM, Rafferty GF, Hart N, Polkey MI, Moxham J (2008) Sleep-disordered breathing in unilateral diaphragm paralysis or severe weakness. Eur Respir J 32:1479–1487
- Dot I et al (2017) Diaphragm dysfunction in mechanically ventilated patients. Arch Bronconeumol 53(3):150–156. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2016.07.008>
- Schepens T, Dres M, Heunks L, Goligher EC (2019) Diaphragm-protective mechanical ventilation. Curr Opin Crit Care 25(1):77–85
- Kodric M, Trevisan R, Torregiani C et al (2013) Inspiratory muscle training for diaphragm dysfunction after cardiac surgery. J Thorac Cardiovasc Surg 145(3):819–823
- Lieberman DA, Faulkner JA, Craig AB Jr., Maxwell LC (1973) Performance and histochemical composition of guinea pig and human diaphragm. J Appl Physiol 34:233–237
- Nazlıkul H, Nazlıkul UFG (2023) Regülasyon tıbbında nöralterapi ve manuel terapi uygulamalarının yeri = The Place of Neural Therapy and Manual Therapy Applications in Regulatory Medicine. In: Türk A (Hrsg) Regülasyon tıbbında spor ve sağlık, 1. Aufl. Türkiye Klinikleri, Ankara, S8–14
- Türk A, Melekoğlu T, Nazlıkul H (2022) Chronic Pain and Physical Activity = Kronik ağrı ve fiziksel aktivite. In: Kavukcu E (Hrsg) Kronik Hastalıkların Tedavisinde Spor ve Fiziksel Aktivitenin Yeri = The Place of Sports and Physical Activity in the

- Treatment of Chronic Diseases, 1. Aufl. Türkiye Klinikleri, Ankara, S 1–8PD (516–524)
56. Ural F, Nazlıkul H (2019) Diz OSTEOARTRİTİ (Gonartroz) Olan Hastalarda Akupunktur Uygulaması. Bilim Tamamlayıcı Tıp Regülasyon Nöral Terapi Derg 13(3):43–47
57. Obayashi H, Urabe Y, Yamanaka Y, Okuma R (2012) Effects of respiratory-muscle exercise on spinal curvature. J Sport Rehabil 21:63–68
58. Bischoff HP, Moll H (2011) Lehrbuch der Manuellen Medizin, 6. Aufl. Spitta, Balingen
59. Böhm U, Lauper M, Locher H (2012) Diagnostische und therapeutische Techniken praktisch anwenden. Manuelle Medizin, Bd 2. Thieme, Stuttgart
60. Zambon M, Greco M, Bocchino S, Cabrini L, Beccaria PF, Zangrillo A (2016) Assessment of diaphragmatic dysfunction in the critically ill patient with ultrasound: a systematic review. Intensive Care Med. <https://doi.org/10.1007/s00134-016-4524-z>
61. Houston JG, Fleet M, Cowan MD, McMillan NC (1995) Comparison of ultrasound with fluoroscopy in the assessment of suspected hemidiaphragmatic movement abnormality. Clin Radiol 50:95–98. [https://doi.org/10.1016/S0009-9260\(05\)82987-3](https://doi.org/10.1016/S0009-9260(05)82987-3)
62. Nazlıkul H, Ural Nazlıkul FG (2025) Diagnostik und Therapie der ersten Rippe: eine neue Technik. Man Med: 1–6
63. Bischoff HP, Moll H (2011) Lehrbuch der Manuellen Medizin, 6. Aufl. Spitta, Balingen
64. Heymann W, Böhm U, Locher H (2005) Grundlagenforschung trifft Manualmedizin. Ergebnisse der Bodenseekonferenz deutschsprachiger Manualmediziner, Bad Horn Juli 2005. Man Med 43:385–394
65. Frölich E (2009) Manuelle Medizin – Ärztliche Handgriffkunst zur Diagnostik und Therapie. MWE-Selbstverlag, Isny-Neutrauchburg (<http://www.manuelle-mwe.de>)
66. Wearing J, Beaumont S, Forbes D, Brown B, Engel R (2016) The use of spinal manipulative therapy in the management of chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review. J Altern Complement Med 22(2):108–114
67. Noll DR, Johnson JC, Baer RW, Snider EJ (2009) The immediate effect of individual manipulation techniques on pulmonary function measures in persons with COPD. Osteopath Med Prim Care 3:1–12
68. Noll DR, Johnson JC, Baer RW, Snider EJ (2011) The immediate effect of individual manipulation techniques on pulmonary function measures in persons with chronic obstructive pulmonary disease
69. Rocha T, Souza H, Brandao DC et al (2015) The manual diaphragm release technique improves diaphragmatic mobility, inspiratory capacity and exercise capacity in people with chronic obstructive pulmonary disease: a randomised trial. J Physiother 61(4):182–189
70. Fischer L (2021) Neuraltherapie-Definition, Wirkmechanismen und Wirksamkeit. Schmerz Nachr 21:28–30
71. Fischer L, Barop H, Ludin SM, Schaible HG (2022) Regulation of acute reflexory hyperinflammation in viral and other diseases by means of stellate ganglion block. A conceptual view with a focus on Covid-19. Auton Neurosci 237:102903
72. Fischer L (2019) Neuraltherapie. In: Baron R, Koppert W, Strumpf M, Willweber-Strumpf A (Hrsg) Praktische Schmerztherapie, 4. Aufl. Springer, Heidelberg, S 248–256
73. Fischer L (2003) Pathophysiology of pain and neural therapy. Praxis 92(48):2051–2059. <https://doi.org/10.1024/0369-8394.92.48.2051>
74. Fischer L (2017) Physical and neurobiological principles. In: Liem T, van den Heede P (Hrsg) Foundations of Morphodynamics
75. Engel R, Barop H, Giebel J, Ludin SM, Fischer L (2020) The influence of modern neurophysiology on the previous definitions of „segment“ and „interference field“ in neural therapy. Complement Med Res 29:257–267. <https://doi.org/10.1159/000522391>
76. Gold-Szklarski K, Fischer G (2009) Arbeitsbuch Neuraltherapie. facultas, Wien
77. Fischer L (2017) Physical and neurobiological principles. In: Liem T, van den Heede P (Hrsg) Foundations of morphodynamics in osteopathy. Handspring, Edinburgh, S 67–96
78. Fischer L, Barop H, Maxion-Bergemann S (2005) Health Technology Assessment HTA Neural therapy according to Huneke. Program Evaluation Complementary Medicine (PEK) (On behalf of the Swiss Federal Office of Public Health)
79. Jänig W (2014) Autonomic nervous system and inflammation. Auton Neurosci 182:1–3. <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2014.02.002>
80. Bellinger DL, Lorton D (2014) Autonomic regulation of cellular immune function. Auton Neurosci 182:15–41. <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2014.01.006>
81. Bellinger D, Lorton D (2018) Sympathetic nerve hyperactivity in the spleen: causal for nonpathogenic-driven chronic immune-mediated inflammatory diseases. Int J Mol Sci. <https://doi.org/10.3390/ijms19041188>
82. Niedringhaus M, Jackson PG, Evans SR, Verbalis JG, Gillis RA, Sahibzada N (2008) Dorsaler motorischer Kern des Vagus: ein Ort, an dem gleichzeitige Veränderungen der Aktivität des Zwerchfells, des unteren Ösophagusphinkterdrucks und des Fundustonus hervorgerufen werden. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol 294(1):R121–R131
83. Elenkov IJ, Wilder RL, Chrousos GP, Vizi ES (2000) The sympathetic nerve—an integrative interface between two supersystems: the brain and the immune system. Pharmacol Rev 52:595–638
84. Tracey KJ (2002) The inflammatory reflex. Nature 420:853–859. <https://doi.org/10.1038/nature01321>
85. Fischer L, Barop H, Ludin SM, Schaible HG (2022) Regulation of acute reflexory hyperinflammation in viral and other diseases by means of stellate ganglion block. A conceptual view with a focus on COVID-19. Auton Neurosci 237:102903. <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2021.102903>
86. Hruby RJ, Hoffman KN (2007) Avian influenza: An osteopathic component to treatment. Osteopath Med Prim Care 1:10
87. Lederman E (2007) Die Praxis der manuellen Therapie. Physiologie, Neurologie und Psychologie. Elsevier, München
88. Badwe RA, Parmar V, Nair N, Joshi S, Hawaldar R, Pawar S, Kadayaprath G, Borthakur BB, Thammimendhi SR, Pandya S et al (2023) Effect of peritumoral infiltration of local anesthetic before surgery on survival in early breast cancer. J Clin Oncol 41:3318–3328. <https://doi.org/10.1200/JCO.22.01966>
89. Elmacioğlu MA, Karakan M, Nazlıkul H (2022) Neural Therapy and the Effects of Local Anesthetics-Nöralterapi ve lokal anesteziğerlerin etkileri. In: Babacan CA (Hrsg) Ozon ve Nöralterapi, 1. Aufl. Türkiye Klinikleri, Ankara, S 45–50
90. Fischer L (2020) Reflexmechanismen, Schmerzgedächtnis und Neuraltherapie. In: Handbuch Neuraltherapie, S 66–72
91. Pfister M, Fischer L (2009) The treatment of the complex regional pain syndrome (CRPS 1 and CRPS 2) of the upper limb with repeated local anaesthesia to the stellate ganglion. Praxis 98(5):247–257
92. Reuter URM, Oettmeier R, Nazlıkul H (2017) Procaine and procaine-base-infusion: a review of the safety and fields of application after twenty years of use. Clin Res Open Access. <https://doi.org/10.16966/2469-6714.127>
93. Tamam Y, Özdemir HH, Gedik A, Tamam C, Nazlıkul H (2017) Efficacy of peripheral lidocaine application (neural therapy) in the treatment of neurogenic detrusor overactivity in multiple sclerosis patients. Neurourol Urodynam 36(7):1832–1838
94. Tamam Y, Tamam C, Goksel A, Tamam B, Nazlıkul H (2017) Peripheral lidocaine injection (neural therapy) in the treatment of migraine in pregnancy. J Neurol Sci 381:946
95. Gradinaru D, Ungurianu A, Margina D, Moreno-Villanueva M, Bürkle A (2021) Procaine-the controversial Geroprotector candidate: new insights regarding its molecular and cellular effects. Oxid Med Cell Longev. <https://doi.org/10.1155/2021/3617042>
96. Oettmeier R, Reuter U, Bonilla LBP (2019) The procaine-baseinfusion: 20 years of experience of an alternative use with several therapeutic effects. J Altern Complement Integr Med 5(61)
97. Vinyes D, Muñoz-Sellart M, Caballero TG (2022) Local anesthetics as a therapeutic tool for post COVID-19 patients: a case report. Medicine 101(28):e29358
98. Vinyes D, Traverso PH, Murillo JH, Sánchez-Padilla M, Muñoz-Sellart M (2023) Improvement in post-orthodontic chronic musculoskeletal pain after local anesthetic injections in the trigeminal area: a case series. J Int Med Res 51(11):3000605231214064
99. Schaible HG, Straub RH (2014) Function of the sympathetic supply in acute and chronic experimental joint inflammation. Auton Neurosci 182:55–64. <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2013.12.004>
100. Tracey KJ (2009) Reflex control of immunity. Nat Rev Immunol 9:418–428. <https://doi.org/10.1038/nri2566>
101. Schleip R, Jäger H, Klingler W (2012) What is fascia? A review of different nomenclatures. J Bodyw Mov Ther 16(4):496–502
102. Schleip R, Müller DG (2013) Training principles for fascial connective tissues: scientific foundation and suggested practical applications. J Bodyw Mov Ther 17(1):103115
103. Liertzer H (2018) Sonographic studies of trigger points/acupuncture points—are there benefits of using neural therapy? Practical Proceedings
104. Stecco C, Macchi V, Porzionato A, Duparc F, De Caro R (2011) The fascia: the forgotten structure. Italian J Anat Embryol 116(3):127–138
105. Schleip R, Gabbiani G, Wilke J, Naylor I, Hinz B, Zorn A, Klingler W (2019) Fascia is able to actively contract and may thereby influence musculoskeletal dynamics: a histochemical and mechanographic investigation. Front Physiol 10:336
106. Zaf Çiftçi Z, Delibaş DH, Kaya T, Geler Külcü D, Sarı A, Nazlıkul H, Topsakal Kavakçı Savran Konuk İC YEAÖCE (2024) A randomized controlled trial of Eye Movement Desensitization and Reprocessing

- (EMDR) Therapy in the treatment of fibromyalgia. *Front Psychiatry* 15:1286118. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2024.1286118>
107. Mermod J, Fischer L, Staub L, Busato A (2008) Patient satisfaction of primary care for musculoskeletal diseases: a comparison between neural therapy and conventional medicine. *BMC Complement Altern Med* 8:1–10
 108. Egli S, Pfister M, Ludin SM, Puente de la Vega K, Busato A, Fischer L (2015) Long-term results of therapeutic local anesthesia (neural therapy) in 280 referred refractory chronic pain patients. *BMC Complement Altern Med* 15:1–9
 109. Dvorak J, Gauchat MH, Graf-Baumann T, Mühlemann D, Psczolla M (2001) Manuelle Medizin, Chiropraktik, Osteopathie. *Man Med* 39:66–71
 110. Nazlikul H (2024) Manuelle Medizin in der Türkei: ein Überblick. *Man Med*: 1–3
 111. Baumgartner H, Dvorak J, Eder M, Manitz U, Psczolla M, Rustler T, Schwarz HA Organ der Deutschen Gesellschaft für Manuelle Medizin eV
 112. Zanotti E, Berardinelli P, Bizzarri C et al. (2012) Osteopathic manipulative treatment effectiveness in severe chronic obstructive pulmonary disease: a pilot study. *Complement Ther Med* 20(1–2):16–22
 113. McCoss CA, Johnston R, Edwards DJ, Millward C (2017) Preliminary evidence of Regional Interdependent Inhibition, using a 'Diaphragm Release' to specifically induce an immediate hypoalgesic effect in the cervical spine. *J Bodyw Mov Ther* 21:362–374

Hinweis des Verlags. Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

The diaphragm: recognizing functional disorders and treating them effectively with neural therapy and manual medicine

The diaphragm, as the central muscle of respiration, plays a vital role in breathing, trunk stability, and the regulation of intra-abdominal pressure. It is integral to numerous physiological processes and significantly impacts both respiratory and systemic health. This article explores the clinical spectrum of diaphragmatic dysfunctions and analyzes their multifaceted causes, which range from neurological disorders to mechanical restrictions. Diaphragmatic dysfunctions represent a commonly overlooked medical issue that can manifest in symptoms such as dyspnea, sleep disturbances, chronic fatigue, gastroesophageal reflux, and even heart failure. The etiology of such dysfunctions is diverse, including factors like chronic stress, myofascial trigger points, scar tissue, and mechanical trauma, all of which can irritate or impair the function of the phrenic nerve. Phrenic nerve impairment not only limits diaphragmatic movement but also disrupts the regulation of the autonomic nervous system and organ function. The combination of neural therapy and manual medicine has proven to be a promising therapeutic approach. Targeted injections at myofascial trigger points and segmental therapies can effectively release adhesions and significantly enhance diaphragmatic function. In addition, manual diagnostics enable precise identification of segmental dysfunctions and fascial restrictions. This integrative approach addresses not only localized biomechanical dysfunctions but also leverages the regulatory potential of the autonomic nervous system. The synergy between neural therapy and manual medicine offers new perspectives for treating these frequently misdiagnosed and undervalued medical conditions.

Keywords

Phrenic nerve dysfunction · Autonomic nervous system · Myofascial trigger points · Chronic stress · Scar disorders