

Studiensammlung

Wissenschaftliche Literatur

zu

Atemtherapie &

Atemtraining

Studiensammlung

CEGLA-Produkte adressieren aus klinischer Sicht mehrere eng miteinander verbundene Funktionsbereiche der Atmung. Je nach Produkt und Anwendung wirken sie an den oberen oder unteren Atemwegen, unterstützen PEP- beziehungsweise OPEP-basierte Sekretmobilisation und Atemwegsstabilisierung, ermöglichen inspiratorisches oder expiratorisches Atemmuskeltraining und fördern Atemwahrnehmung, Atemrhythmus und Nasenatmung. Einzelne Geräte lassen sich darüber hinaus mit einer Inhalationstherapie verbinden. Der klinische Einsatz ist deshalb nicht als isolierter Einzelmechanismus zu verstehen, sondern als multidimensionales therapeutisches Konstrukt, in dem biochemische, biomechanische und psychophysiologische Komponenten zusammenwirken.

Die Forschung bildet dieses Gesamtkonzept methodisch jeweils nur in Ausschnitten ab. Einzelne Studien untersuchen beispielsweise Druck- und Oszillationsprofile, Sputumeigenschaften, Lungenfunktion, Atemmuskelfkraft, Belastbarkeit, Dyspnoe, Husten, nasale Funktion, Schlaf oder autonome Regulation. Andere Arbeiten bewerten kombinierte Versorgungskonzepte, in denen ein Hilfsmittel gemeinsam mit Atemphysiotherapie, pulmonaler Rehabilitation, Inhalation oder medikamentöser Standardtherapie eingesetzt wird. Die Unterschiede bei Populationen, Interventionen, Anwendungsdauern und Endpunkten erklären die Heterogenität der klinischen Untersuchungsfelder.

Die Weiterentwicklungen der CEGLA-Produkte basieren zudem auf Erkenntnissen und Ansätzen aus der wissenschaftlichen Musiktherapie. Von besonderem Interesse ist dabei das Zusammenspiel von Atmung, Rhythmus, Tonerzeugung und Vibration. Ein wissenschaftlicher Exkurs innerhalb dieser Studiensammlung stellt hierzu ausgewählte Studien und Erkenntnisse aus diesem Forschungsfeld vor.

Die Studiensammlung ordnet die Literatur daher nicht ausschließlich nach Produktnamen, sondern entlang klinischer Funktions- und Anwendungsbereiche. Studien, in denen ein RC-Cornet-Gerät direkt geprüft oder als Bestandteil der Intervention eingesetzt wurde, sind in den Tabellen vollständig fett hervorgehoben. Ergänzende Studien liefern den physiologischen, mechanistischen und/oder therapeutischen Kontext für die jeweiligen Einsatzfelder. Für weiterführende Angaben zu Methodik und Ergebnissen wird auf die Originalpublikationen verwiesen.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	3
Übersicht der CEGLA-Produkte	5
Studien	6
1. Atemtherapie zur Sekretolyse und Airway Clearance	6
1.1 Grundlagen von PEP/OPEP, Sekretmobilisation und Airway Clearance	6
1.2 PEP/OPEP bei COPD.....	10
1.3 PEP/OPEP bei Bronchiektasen.....	15
1.4 PEP/OPEP bei Mukoviszidose / CF	17
1.5 PEP/OPEP perioperativ, postoperativ und in der Intensivmedizin	19
2. Atemtraining, Atemmuskeltraining und Atemregulation	22
2.1 Grundlagen, Methoden und Trainingsformen des Atemmuskeltrainings.....	22

2.2 Atemmuskeltraining bei COPD.....	30
2.3 Atemmuskeltraining bei Weaning, Beatmung und Intensivmedizin	36
2.4 Atemmuskeltraining bei Asthma und belastungsinduzierte Bronchokonstriktion.....	39
2.5 Atemmuskeltraining bei COVID, Post-COVID und Long-COVID	43
2.6 Atemmuskeltraining bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Herzinsuffizienz und Blutdruck	47
2.7 Atemmuskeltraining in der Neurologie: Schlaganfall, ALS, Dysphagie, Hustenfunktion	54
2.8 Atemtraining bei Atemnot: Lippenbremse, Zwerchfellatmung und atemerleichternde Techniken	57
2.9 Atemübungen zur Stressreduktion, Entspannung und psychophysiologischen Regulation	60
2.10 Pranayama, Yoga-Atmung und langsame Atmung	67
2.11 Musik-, Klang- und instrumentengestützte Ateminterventionen	70
3. Dysfunktionale Atmung und Atemmusterstörungen	75
3.1 Grundlagen, Definition, Klassifikation und Diagnostik.....	75
3.2 Dysfunktionale Atmung im Kindes- und Jugendalter	77
3.3 Dysfunktionale Atmung im Erwachsenenalter.....	78
3.4 Dysfunktionale Atmung bei Asthma und COPD als Komorbidität / Differenzialdiagnose.....	79
3.5 Hyperventilation, Seufzerdyspnoe, ILO/VCD, habituellem Husten und psychogene Atmungsstörungen	80
4. Nasenatmung, Mundatmung und nasales Stickstoffmonoxid.....	81
4.1 Physiologie der Nasenatmung und nasales Stickstoffmonoxid	82
4.2 Mundatmung im Kindesalter, Schlaf und myofunktionelle Aspekte	86
4.3 Nasenatmung bei Belastung und Sport	89
4.4 Nasale Diagnostik und Atemwegserkrankungen.....	90
5. Leitlinien	93
6. Impressum	98

Abkürzungsverzeichnis

Das Verzeichnis erläutert zentrale Abkürzungen aus den Studienangaben, Messparametern, Krankheitsbildern, Therapieformen, Fragebögen und Leitlinien der Studiensammlung.

Abkürzung	Bedeutung	Abkürzung	Bedeutung
AARC	American Association for Respiratory Care	ACBT	Active Cycle of Breathing Techniques; aktiver Zyklus der Atemtechniken
ACT	Airway Clearance Technique; Atemwegsreinigungstechnik	AHI	Apnoe-Hypopnoe-Index
ALS	Amyotrophe Lateralsklerose	AWMF	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften
BÄK	Bundesärztekammer	BMI	Body-Mass-Index
CAT	COPD Assessment Test	CCQ	Clinical COPD Questionnaire
CF	Cystische Fibrose beziehungsweise Mukoviszidose	CFQ-R	Cystic Fibrosis Questionnaire-Revised
CHF	Congestive Heart Failure; kongestive Herzinsuffizienz	COAD	Chronic Obstructive Airways Disease; ältere Bezeichnung für chronisch obstruktive Atemwegserkrankung
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease; chronisch obstruktive Lungenerkrankung	CPAP	Continuous Positive Airway Pressure
CRP	C-reaktives Protein	CT	Computertomographie
DGP	Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin	DGN	Deutsche Gesellschaft für Neurologie
DLCO	Diffusionskapazität der Lunge für Kohlenmonoxid	DOI	Digital Object Identifier
EEG	Elektroenzephalographie	EIB	Exercise-Induced Bronchoconstriction; belastungsinduzierte Bronchokonstriktion
EMG	Elektromyographie	EMST	Expiratory Muscle Strength Training; expiratorisches Muskelkrafttraining
ERS	European Respiratory Society	ESWT	Endurance Shuttle Walk Test
FEES	Fiberoptic Endoscopic Evaluation of Swallowing; fiberendoskopische Schluckuntersuchung	FESS	Functional Endoscopic Sinus Surgery; funktionelle endoskopische Nasennebenhöhlenoperation
FEV1	Forciertes expiratorisches Volumen in einer Sekunde; Einsekundenkapazität	FEV1/FVC	Verhältnis von Einsekundenkapazität zu forcierter Vitalkapazität
FMD	Flow-Mediated Dilation; flussvermittelte Gefäßerweiterung	FOT	Forced Oscillation Technique; forcierte Oszillationstechnik
FVC	Forced Vital Capacity; forcierte Vitalkapazität	GOLD	Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease
GRADE	Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation	HFCWO	High-Frequency Chest Wall Oscillation
HFNC	High-Flow Nasal Cannula; nasale High-Flow-Therapie	HNO	Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde
HRQoL	Health-Related Quality of Life; gesundheitsbezogene Lebensqualität	HRV	Heart Rate Variability; Herzfrequenzvariabilität
ICU	Intensive Care Unit; Intensivstation	ILO	Inducible Laryngeal Obstruction; induzierbare laryngeale Obstruktion
IMST	Inspiratory Muscle Strength Training; inspiratorisches Muskelkrafttraining	IMT	Inspiratory Muscle Training; inspiratorisches Muskeltraining
IPV	Intrapulmonary Percussive Ventilation; intrapulmonale Perkussionsventilation	ISWT	Incremental Shuttle Walk Test
KBV	Kassenärztliche Bundesvereinigung	LCQ	Leicester Cough Questionnaire
LVEF	Left Ventricular Ejection Fraction; linksventrikuläre Ejektionsfraktion	ME/CFS	Myalgische Enzephalomyelitis/Chronisches Fatigue-Syndrom
MEP/PEmax	Maximaler expiratorischer Munddruck	MIP/PImax	Maximaler inspiratorischer Munddruck

Abkürzung	Bedeutung	Abkürzung	Bedeutung
mMRC	Modified Medical Research Council Dyspnoea Scale	MRI	Magnetic Resonance Imaging; Magnetresonanztomographie
NIV	Non-Invasive Ventilation; nicht invasive Beatmung	nNO	Nasales Stickstoffmonoxid
NNH	Nasennebenhöhlen	NO	Stickstoffmonoxid
NVL	Nationale VersorgungsLeitlinie	OPEP	Oscillating Positive Expiratory Pressure; oszillierender positiver Ausatemdruck
OSA	Obstructive Sleep Apnoea; obstruktive Schlafapnoe	PaCO ₂	Arterieller Kohlendioxidpartialdruck
PaO ₂	Arterieller Sauerstoffpartialdruck	PCD	Primary Ciliary Dyskinesia; primäre ziliäre Dyskinesie
PEF	Peak Expiratory Flow; expiratorischer Spitzenfluss	PEM	Post-Exertional Malaise
PEP	Positive Expiratory Pressure; positiver Ausatemdruck	PIF	Peak Inspiratory Flow; inspiratorischer Spitzenfluss
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses	Raw	Atemwegswiderstand
RCT	Randomized Controlled Trial; randomisierte kontrollierte Studie	RMT	Respiratory Muscle Training; Atemmuskeltraining
RV	Residualvolumen	SBT	Spontaneous Breathing Trial; Spontanatmungsversuch
SGRQ	St. George's Respiratory Questionnaire	SMD	Standardized Mean Difference; standardisierte Mittelwertdifferenz
SpO ₂	Periphere Sauerstoffsättigung	sRaw	Spezifischer Atemwegswiderstand
TGV	Thorakales Gasvolumen	TLC	Total Lung Capacity; totale Lungenkapazität
VAS	Visual Analog Scale; visuelle Analogskala	VC	Vital Capacity; Vitalkapazität
VCD	Vocal Cord Dysfunction; funktionelle Stimmbandstörung	VO ₂ max	Maximale Sauerstoffaufnahme
VRP1	Produktbezeichnung eines oszillierenden PEP-Systems	WBV	Whole-Body Vibration; Ganzkörpervibration
ANB	Autonomic Nervous Balance; Index der autonomen Balance	LLE	Largest Lyapunov Exponent; größter Ljapunow-Exponent
NREM	Non-Rapid Eye Movement; Non-REM-Schlaf	PSG	Polysomnographie
TSB	Tibetan Singing Bowl; tibetische Klangschale	VBM	Voxel-Based Morphometry; voxelbasierte Morphometrie

Übersicht der CEGLA-Produkte

Die RC-FIT® Produktfamilie besteht aus:

- RC-FIT® CLASSIC
- RC-FIT® OPEP
- RC-FIT® OIMT
- RC-FIT® PEP/IMT
- RC-FIT® DUO

Die Varianten sind kompakte, lageunabhängig einsetzbare Atemtherapie- und Atemtrainingsgeräte zur Unterstützung der respiratorischen Funktion. Je nach Variante kombinieren die Geräte positiven expiratorischen Druck, inspiratorisches Muskeltraining und akustisches Feedback zur Kontrolle der korrekten Anwendung.

Die Anwendung kann dazu beitragen, die Atemmuskulatur gezielt zu trainieren, die Atemtechnik zu verbessern, die Atemwege funktionell zu stabilisieren und die Sekretmobilisation zu unterstützen. Durch eine bewusst verlangsamte und kontrollierte Atmung können zudem Hyperventilation, Atemnot unter Belastung sowie psychophysiologische Belastungsreaktionen positiv beeinflusst werden.

Die RC-FIT®-Reihe ist für verschiedene Anwendungssituationen konzipiert, darunter Prävention, Atemtherapie, Rehabilitation und allgemeines Atemtraining. Je nach Variante ist die Anwendung über den Mund oder über die Nase möglich, wodurch auch die physiologische Nasenatmung gezielt gefördert werden kann.

Zur RC-Cornet® Produktfamilie gehören:

- RC-Cornet®
- RC-Cornet® N
- RC-Cornet® PLUS
- RC-Cornet® PLUS NASAL
- RC-Cornet® PLUS TRACHEO

Die Varianten sind atemtherapeutische Hilfsmittel zur physikalischen Behandlung der oberen und unteren Atemwege. Die Geräte arbeiten mit oszillierendem positivem expiratorischem Druck, wodurch Sekret mobilisiert, die Atemwege funktionell stabilisiert und das Abhusten erleichtert werden kann.

Die Anwendung kann dazu beitragen, festsitzenden Bronchialschleim zu lösen, unproduktiven Husten zu reduzieren, Atemnot zu vermindern, den Gasaustausch zu unterstützen und den Atemwegswiderstand zu senken. Je nach Ausführung stehen Varianten für die bronchiale Atemtherapie, die nasale Anwendung sowie für spezielle Patientengruppen, beispielsweise mit Tracheostoma, zur Verfügung.

Darüber hinaus können die Produkte der RC-Cornet® PLUS-Reihe mit Verneblern kombiniert werden. Dadurch lässt sich die physikalische Atemtherapie mit einer inhalativen Therapie verbinden, um die Sekretmobilisation und die Wirkstoffdeposition therapeutisch zu unterstützen.

Studien

Im Folgenden wird Literatur zu bestimmten Themen dargestellt und zusammengefasst.

1. Atemtherapie zur Sekretolyse und Airway Clearance

Die zusammengestellten Studien untersuchen die mechanischen Grundlagen, Geräteeigenschaften und klinischen Einsatzfelder von PEP/OPEP und weiteren Airway-Clearance-Techniken. Bench- und Modellstudien zeigen, dass Druck, Fluss, Oszillationsfrequenz und Geräteposition die erzeugten Effekte wesentlich beeinflussen. Klinische Studien berichten bei ausgewählten Patientinnen und Patienten von teilweise erleichterter Sekretmobilisation, weniger Husten oder Dyspnoe, einer besseren gesundheitsbezogenen Lebensqualität und in einzelnen perioperativen Studien günstigeren Erholungsverläufen.

1.1 Grundlagen von PEP/OPEP, Sekretmobilisation und Airway Clearance

In diesem Unterkapitel stehen die physikalischen Wirkprinzipien und technischen Unterschiede von PEP- und OPEP-Verfahren im Mittelpunkt. Geräte- und Modellstudien zeigen, dass der erreichte Druck, die Flussabhängigkeit, Frequenz und Amplitude der Oszillationen sowie Mundstück, Widerstand und Geräteposition erheblich variieren können. Mechanistische Arbeiten sprechen dafür, dass oszillierende Druck- und Scherkräfte die Mobilisation viskoelastischen Mukus unterstützen können. Reviews ordnen OPEP als plausible nicht medikamentöse Ergänzung ein und beschreiben die Bedeutung einer gerätespezifischen Einweisung.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Design and initial testing of a novel disposable oscillating positive expiratory pressure device. Irish Journal of Medical Science. DOI: 10.1007/s11845-022-03225-1	O'Sullivan et al.	2023 (online 2022)	Geräteentwicklungs-/Bench-Studie; Testung u. a. mit 3D-Druck/Prototyp und Vergleich zu kommerziellen OPEP-Geräten; keine klinische Patient:innenpopulation.	Neuartiges Einweg-OPEP-Gerät UL-OPEP; Zielparameter orientiert an therapeutischem Bereich: mittlerer intrapulmonaler Druck 10–20 cmH2O bei 10–20 L/min Flow und Oszillationen ≥ 1 cmH2O.	Design- und initiale Teststudie. Ziel: ein kleines, entsorgbares OPEP-Gerät entwickeln, das mechanisch relevante Druck- und Oszillationsprofile erzeugt und Reinigungs-/Kontaminationsprobleme wiederverwendbarer Geräte adressiert.	Der OPEP-Prototyp erzeugte bei einem mittleren Expirationsfluss von 18,82 L/min einen mittleren Druck von 14,82 cmH2O. Die Oszillationsfrequenz lag bei 26 Hz, die Oszillationsamplitude bei 1,28 cmH2O. Damit lagen Druck und Fluss innerhalb des in der Studie definierten therapeutischen Zielbereichs; die mechanischen Eigenschaften waren mit denen komplexerer, wiederverwendbarer OPEP-Geräte vergleichbar. Die Autoren folgern, dass das kompakte Einweggerät die für die Atemwegsclearance vorgesehenen Druck- und Oszillationswerte erzeugt und zugleich die bei wiederverwendbaren Geräten notwendige Reinigung und Desinfektion entfallen lässt.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Modeling the effects of external oscillations on mucus clearance in obstructed airways. Biomechanics and Modeling in Mechanobiology. DOI: 10.1007/s10237-023-01778-3	Hamida El Naser & Karayel	2023	Numerisches CFD-Modell einer mukusobstruierten Bronchialgeometrie; keine Patient:innen.	Externe Oszillationen/Vibrationen analog zu High-Frequency Chest Wall Oscillation; Variation von Richtung (axial, radial, tangential), Amplitude, Frequenz, Druckdifferenz, Fluideigenschaften und Zilienbewegung.	Computational-Fluid-Dynamics-Studie. Ziel: Einfluss externer Oszillationen auf Clearance von nicht-newtonschem, shear-thinning Mukus untersuchen.	Zilienbewegung allein war im obstruierten Modell unzureichend; Vibrationen verbesserten Mukusclearance, wobei Effekte stark von Randbedingungen, Vibrationseigenschaften und Mukuseigenschaften abhingen.
On the effect of boundary vibration on mucus mobilization. International Journal of Non-Linear Mechanics. DOI: 10.1016/j.ijnonlinmec.2022.104019	Obembe et al.	2022	Analytisches/numerisches Modell von Mukus in einem zylindrischen Rohr; keine Patient:innen.	Small Amplitude Oscillatory Shear bzw. Wand-/Grenz vibration als Modellmechanismus für Mukusmobilisierung; Oldroyd-B-Fluidmodell.	Mathematisch-numerische Studie mit Laplace-Transformationslösung und 2D-FEM in COMSOL. Ziel: Einfluss von Frequenz, Amplitude, Relaxationszeit und Nullscherviskosität auf Mobilisierung untersuchen.	Erhöhte Relaxationszeit, Amplitude und Frequenz verbesserten die Mukusmobilisierung um 48 %, 57 % bzw. 343 % bei Faktor-6-Erhöhung; höhere Nullscherviskosität reduzierte Mobilisierung um 25 %. Schlussfolgerung: Frequenz/Amplitude sind mechanisch relevante Variablen; klinische Übertragung auf Atemwege benötigt biologisch realistischere Modelle.
Performance Characteristics of Positive Expiratory Pressure Devices. Respiratory Care. DOI: 10.4187/respcare.08150	Demchuk & Chatburn	2021	Bench-Studie; keine Patient:innen.	PEP-Geräte: TheraPEP, EZPAP, VersaPAP, Resistex, AccuPEP, AccuPAP, Threshold PEP. OPEP-Geräte: Acapella DH/DM/Choice, ShurClear, Aerobika, VibraPEP, vPEP, PocketPEP ± Oxyjet.	Experimenteller Gerätevergleich bei simulierten expiratorischen Flows von 5–30 L/min. Für OPEP wurde ein Oscillation Index aus Flowamplitude und Frequenz als mechanisches Leistungsmaß definiert.	PEP-Geräte verhielten sich erwartungsgemäß als Flow- oder Threshold-Widerstände. OPEP-Geräte unterschieden sich stärker; Acapella DH, ShurClear und Aerobika® zeigten höchste Flowamplitude, Frequenz und Oscillation Index.
Technical Aspects of Devices and Equipment for Positive Expiratory Pressure With and Without Oscillation. Respiratory Care. DOI: 10.4187/respcare.08003	Fagevik Olsén et al.	2021	Systematischer Review technischer Studien; 812 Treffer, 21 eingeschlossene Arbeiten. Keine einheitliche klinische Patient:innenpopulation.	PEP- und OPEP-Geräte sowie deren Komponenten: Widerstände, Schläuche, Mundstücke, Masken, Position/Neigung, gerätespezifische Konstruktion.	Systematischer Review bis Juni 2019. Ziel: technische Aspekte, Konstruktionsmerkmale und deren Einfluss auf erzeugten PEP, Oszillationsfrequenz, Amplitude und Flow beschreiben, um klinische Verordnung zu unterstützen.	Erreichter PEP hängt von Widerstand, Expirationsflow und Einzelkomponenten ab. Bei OPEP beeinflusst die Oszillationsfrequenz Druck, Amplitude und Flow; bei manchen Geräten ist die Position relevant. Komponenten sind nicht beliebig austauschbar, ohne den erreichten PEP zu verändern. Schlussfolgerung: Geräteeigenschaften müssen bei Verordnung und Anpassung verstanden werden.
Non-Pharmaceutical Techniques for Obstructive Airway Clearance Focusing on OPEP: A Narrative Review. Pulmonary Therapy. DOI: 10.1007/s41030-021-00178-1	Coppolo et al.	2021	Patient:innen mit obstruktiven Atemwegserkrankungen und Hypersekretion, v. a. Mukoviszidose/assoziierte Bronchiektasen und COPD; narrative Literaturbasis.	Nicht-pharmakologische Airway-Clearance-Therapien mit Fokus auf OPEP-Geräte und mechanische Mobilisation von Mukus.	Narrativer Review. Ziel: pathophysiologische Bedeutung von Mukusobstruktion, mechanische ACTs und gerätetechnische Merkmale von OPEP darstellen.	OPEP wird als relevante nicht-pharmakologische Methode beschrieben, die positive expiratorische Druckeffekte mit oszillatorischen Flow-/Druckimpulsen kombiniert. Der Review betont, dass Geräteeigenschaften und korrekte Anwendung für Mukusmobilisation relevant sind.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Comparison of 6 Oscillatory Positive Expiratory Pressure Devices During Active Expiratory Flow. Respiratory Care. DOI: 10.4187/respcare.07271	Poncin et al.	2020 (online 2019)	In-vitro-Bench-Studie; keine Patient:innen. Exspiratorische Flow-Volumen-Kurven aus vier Personen mit unterschiedlich ausgeprägter Obstruktion wurden auf Peak Expiratory Flow bzw. Volumen skaliert und simuliert.	Sechs OPEP-Geräte: Flutter®, Gelomuc®, PARI O-PEP, Shaker Medic Plus, Acapella Choice und Aerobika®, jeweils bei unterschiedlichen Widerstandseinstellungen.	Mechanischer Gerätevergleich unter 24 aktiven Expirationsmustern. Messgrößen: PEP, maximaler Expirationsdruck (Ppeak), Oszillationsfrequenz, Flow-Oszillationsamplitude; Bewertung, wie häufig Frequenz ≥ 12 Hz und PEP ≥ 10 cmH ₂ O erreicht wurden.	Die Geräte waren mechanisch nicht austauschbar. Flutter®, Gelomuc® und PARI O-PEP zeigten ähnliche Profile und erreichten häufiger Zielbereiche für Frequenz und PEP; sie erzeugten bei niedrigem Widerstand hohe Amplituden. Aerobika® zeigte bei mittleren/hohen Widerständen konsistent höhere Amplituden. Schlussfolgerung: Wirksamkeit kann von Gerät, Widerstand, Patient:innenflow und therapeutischem Ziel abhängen
Variability in expiratory flow requirements among OPEP devices. Canadian Journal of Respiratory Therapy. DOI: 10.29390/cjrt-2019-025	Morgan et al.	2020	Bench-Studie; keine Patient:innen. Klinischer Bezug: kleinere Patient:innen oder Personen mit eingeschränktem Expirationsflow durch COPD, Adipositas, Herzinsuffizienz oder restriktive Erkrankungen.	Acapella DH Green®, Aerobika®, VibraPEP® und vPEP™.	Bench-Modell zur Beziehung zwischen Expirationsflow und erzeugtem Druck. Ziel: Flow-Anforderungen ermitteln, um therapeutische Druckschwellen >10 cmH ₂ O zu erreichen.	Die erforderlichen Flüsse zur Erzeugung gleicher Drücke unterschieden sich deutlich. Valved OPEP wie VibraPEP benötigten weniger Flow als mechanische Designs wie vPEP, Aerobika und Acapella. Schlussfolgerung: Gerätewahl sollte an Expirationsflow-Fähigkeit angepasst werden; sonst werden Ziel-PEP-Werte möglicherweise nicht erreicht.
An integrative review on the positive expiratory pressure (PEP)-bottle therapy for patients with pulmonary diseases. Physiotherapy Research International. DOI: 10.1002/pri.1823	Liverani et al.	2020 (online 2019)	Erwachsene Patient:innen (>18 Jahre) mit pulmonalen Erkrankungen, akut oder chronisch; keine Einschränkung nach Geschlecht, Setting oder Erkrankungsphase. Die Literaturrecherche ergab 97 Treffer, nach Deduplikation 77; nach Screening und Volltextprüfung blieben 7 eingeschlossene Arbeiten.	PEP-Bottle-Therapie/Wasserflaschen-PEP. Das Verfahren erzeugt einen positiven expiratorischen Druck typischerweise im Bereich von 10-20 cmH ₂ O und wird bei pulmonalen Erkrankungen allein oder kombiniert mit anderen physiotherapeutischen Techniken eingesetzt. Technisch relevant: Innendurchmesser des Schlauchs und Breite der Luftaustrittsöffnung mindestens 8 mm; Schlauchlänge etwa 20-80 cm, damit der erzeugte Druck der Wassersäule entspricht.	Integrativer Review mit physiologischer Analyse. Ziel war, Wirkungen der PEP-Bottle-Therapie bei pulmonalen Erkrankungen zusammenzufassen und die technischen Bedingungen zu beschreiben, unter denen das einfache Flaschensystem zuverlässig den gewünschten expiratorischen Druck liefert.	Der Review beschreibt Verbesserungen von Lungenvolumen, Reduktion von Hyperinflation und Unterstützung der Sekretentfernung. Gleichzeitig ist die Evidenzbasis klein und heterogen. Die PEP-Bottle wird als kostengünstige Alternative zu kommerziellen PEP-Geräten eingeordnet, sofern die technischen Parameter korrekt gewählt werden.
Comparing the Performance Characteristics of Different Positive Expiratory Pressure	Franks et al.	2019	Bench-Studie; keine Patient:innen.	Flutter®, PARI PEP S, Acapella Choice, Acapella DM, Acapella DH und Aerobika® bei Flows 5–30 L/min und unterschiedlichen Widerständen.	Experimentelle Gerätestudie. Outcomes: mittlerer PEP, Peak-PEP, Oszillationsfrequenz und PEP-Amplitude	Geräte zeigten statistisch signifikante Leistungsunterschiede und teils Flow-Abhängigkeit/Flow-Unabhängigkeit. Höherer Flow oder Widerstand erhöhte bzw. erhielt meist Druck, Frequenz und Amplitude;

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Devices. Respiratory Care. DOI: 10.4187/respcare.06410					über verschiedene Flow-/Widerstandsbedingungen.	
Influence of frequency and amplitude on mucus viscoelasticity of the mechano-acoustic Frequencer™. Respiratory Medicine. DOI: 10.1016/j.rmed.2019.04.011	Schieppati et al.	2019	In-vitro-Studie mit synthetischen normalen und pathologischen Mucinlösungen (1 % und 4 %); klinischer Bezug: Mukoviszidose.	Mechano-akustischer Frequencer™; Frequenzen 20–60 Hz, Amplituden 50–100 %, zusätzlich NaCl zur Rehydratation.	Experimentelle Rheologie-/Adhäsionsstudie. Ziel: Frequenz- und Amplitudeneinfluss auf viskoelastische Eigenschaften und Homogenisierung von Mucinlösungen bewerten.	40 Hz kombiniert mit 0,5 g/L NaCl bewirkte partielle Mukusrehydratation unabhängig von der gewählten Amplitude. Frequencer™ homogenisierte synthetische Mucinlösungen in 20 min und wirkte in mucinreicher Umgebung stärker. Schlussfolgerung: mechanische Stimulation ist relevant, aber In-vitro-Surrogatdaten ersetzen keine klinische Wirksamkeitsprüfung.
Comparison of Forced and Impulse Oscillometry Measurements: A Clinical Population and Printed Airway Model Study. Scientific Reports. DOI: 10.1038/s41598-019-38513-x	Soares et al.	2019	Klinische Stichprobe: 14 gesunde Kontrollen, 17 asymptomatische Raucher:innen, 73 Personen mit Asthma; zusätzlich 3D-gedrucktes CT-basiertes Atemwegsmodell und standardisiertes 3-L-Volumen.	Keine Therapie; Vergleich von Messsystemen: Impulse Oscillometry (IOS) versus TremoFlo Forced Oscillation Technique (FOT).	Methodische Vergleichsstudie mit Bland-Altman-Analysen und Regressionen. Ziel: Vergleichbarkeit von Resistance- und Reactance-Messungen zwischen FOT-Geräten in klinischer Population und Modell prüfen.	IOS maß Resistance bei 5 und 20 Hz numerisch höher als FOT und zeigte systematischen Bias; Reactance war bei IOS weniger negativ und Reactance Area kleiner. Modell bestätigte Patient:innenbefunde. Schlussfolgerung: FOT/IOS-Werte sind geräteabhängig, besonders Reactance; Standardisierung mit variablen Testlasten ist nötig. Relevanz für ACT/OPEP: Messmethoden zur Atemmechanik dürfen nicht geräteübergreifend ungeprüft gleichgesetzt werden.
Evaluation of Functional Characteristics of 4 Oscillatory Positive Pressure Devices in a Simulated Cystic Fibrosis Model. Respiratory Care. DOI: 10.4187/respcare.04570	Van Fleet et al.	2017	Simuliertes pädiatrisches CF-Modell mit moderat-schwerer Lungenerkrankung; keine Patient:innen. Parameter: Atemwegswiderstand 17,1 cmH2O/L/s, Compliance 42,1 ml/cmH2O, 22 Atemzüge/min, VT 409 ml.	Acapella®, RC-Cornet®, Flutter® und Aerobika® bei niedriger, mittlerer und hoher Widerstandseinstellung.	Bench-Studie mit ASL-5000-Simulation. Ziel: Ppeak, PEP, Oszillationsfrequenz und Druckamplitude über 1 min bei wiederholten aktiven Exhalationen vergleichen.	Zeit, Gerät und Widerstand beeinflussten Ppeak, PEP und Amplitude signifikant; Interaktionen zeigten inkonsistente Outputs. Frequenzen lagen innerhalb Herstellerangaben. Aerobika® erzeugte über Widerstände hinweg besonders konsistente Amplituden und die höchste mittlere Amplitude bei mittlerem/hohem Widerstand.
Vergleich verschiedener mechanischer Hustenhilfen durch Messung der expiratorischen Spitzenflüsse. Pneumologie. DOI: 10.1055/s-0042-121822	Schütz et al.	2017	In-vitro-Vergleich; klinischer Bezug: Patient:innen mit Atemmuskelschwäche und Sekretretention, bei denen mechanische Insufflator-Exsufflator-Systeme eingesetzt werden.	10 mechanische Insufflator-Exsufflator-Systeme (MIE) mit unterschiedlichem Zubehör: Schläuche, Filter, Katheteradapter, Winkelstücke etc.	Experimentelle Vergleichsstudie. Ziel: Peak Expiratory Flow (PEF) verschiedener MIE-Geräte mit/ohne Zubehör quantifizieren.	Geräte und Zubehör beeinflussten PEF deutlich. Zwei Bakterienfilter reduzierten PEF um 13 % gegenüber einem Filter; Katheteradapter um 10 %, zusätzlicher Winkel um 15 %. Bei Standard-Equipment lag zwischen Nippy (2,86 L/s) und Pulsar (1,2 L/s) ein Unterschied von 58 %. Schlussfolgerung: Geräte-/Zubehörwahl kann therapeutisch relevant sein; fachliche Anleitung und Standards sind nötig.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Oscillatory Positive Expiratory Pressure in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. COPD. DOI: 10.3109/15412555.2015.1043523	Svenningsen et al.	2016 (online 2015)	29 Personen mit COPD (n=15) oder Bronchiektasen (n=14).	Aerobika®-OPEP, 4-mal täglich; Vergleich im Cross-over-Design.	Sechs Wochen Cross-over-Studie. Ziel: Verträglichkeit und Veränderungen bei Lungenfunktion, 6-Minuten-Gehtest, St George's Respiratory Questionnaire und Patient Evaluation Questionnaire.	Keine OPEP-bezogenen unerwünschten Ereignisse. Signifikante Verbesserungen bei 6MWD, SGRQ-Gesamtscore, Hustenfrequenz, Dyspnoe und erleichterter Sputumexpektoration.
Effect of Cornet Device to Clear the Excess Trachea Bronchial Secretions in a 45 Year Old Pneumonia Patient – A Case Report. DOI: 10.15406/mojypt.2016.01.00001	Muthukumar	2016	Einzelfall: 45-jährige Patientin mit Pneumonie im rechten Mittel- und Unterlappen; Röntgen/CT mit Atelektase, Konsolidierung und fibrotischen Strängen; klinisch reduzierte Belüftung und Rasselgeräusche.	Cornet® als oszillierendes PEP-Gerät, zweimal täglich über 10 Tage im Rahmen der Thoraxphysiotherapie.	Fallbericht. Ziel: Sekretmobilisation, Verbesserung der Oxygenierung und radiologische/klinische Veränderung nach Cornet®-basierter Physiotherapie beschreiben.	Nach der Behandlung zeigte sich radiologische Besserung ohne Nachweis der vorherigen Konsolidierung/Atelektase, und die Patientin konnte erfolgreich entlassen werden.
Mechanical Behaviors of Flutter VRP1, Shaker, and Acapella Devices. Respiratory Care. DOI: 10.4187/respca.01685	dos Santos et al.	2013	Bench-Studie; keine Patient:innen.	Flutter VRP1®, Shaker® und Acapella®; Flutter/Shaker in Winkeln -30° , 0° , $+30^\circ$, Acapella bei niedriger, mittlerer und hoher Widerstandseinstellung; Flows 5–32 L/min.	Experimenteller Gerätevergleich. Ziel: Druckamplitude, PEP, Flow und Oszillationsfrequenz der drei Geräte vergleichen.	Flutter VRP1® und Shaker® zeigten in vielen Parametern ähnliches Verhalten; bei niedrigen/mittleren Druckniveaus unterschied sich Acapella® hinsichtlich Amplitude/Frequenz. Bei hohen Drücken keine signifikanten Frequenzunterschiede zwischen den drei Geräten. Schlussfolgerung: Geräte sind in Teilen vergleichbar, aber insbesondere PEP-/Frequenzprofile unterscheiden sich und sollten berücksichtigt werden.

1.2 PEP/OPEP bei COPD

Die Studien betreffen vor allem Menschen mit COPD, chronischer Sputumproduktion, Husten, Hypersekretion oder dynamischer Hyperinflation. Mehrere kontrollierte Arbeiten und Übersichten berichten teilweise Verbesserungen von Hustenbelastung, Dyspnoe, Belastbarkeit und gesundheitsbezogener Lebensqualität; einzelne Real-World-Analysen zeigen zudem weniger Exazerbationen oder stationäre Kontakte.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
The Impact of Positive Expiratory Pressure Therapy on Hyperinflation in Patients With COPD. Respiratory Care. DOI: 10.4187/respca.11039	de Macedo et al.	2024	Patient:innen mit COPD aus 7 randomisierten Studien; alle eingeschlossenen Studien hatten laut Risikobewertung ein hohes Bias-Risiko. Fragestellung: Wirkung von PEP und PEP-	PEP-Therapie und Varianten, darunter temporäre und oszillierende PEP-Verfahren, verglichen mit Kontrollbedingungen. Konkrete Geräte und Dosierungen	Systematischer Review und Meta-Analyse nach PRISMA. Sieben Datenbanken ohne Datums- oder Sprachrestriktion. Outcomes: Inspiratory Capacity, Functional Residual Capacity, Total Lung Capacity, Residual	Residualvolumen nahm signifikant ab (4 Studien, n=231; SMD -0,42; 95%-KI -0,77 bis -0,08), Dyspnoe verbesserte sich (n=321; SMD -1,17; 95%-KI -1,68 bis -0,66) und körperliche Kapazität stieg (5 Studien, n=311; MD 30,1 m; 95%-KI 19,2-41,0). Keine signifikanten Unterschiede bei TLC, FVC oder

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
			Varianten auf dynamische/statische Hyperinflation, Dyspnoe und körperliche Kapazität.	variierten zwischen den eingeschlossenen Studien.	Volume, FEV1, FVC, Dyspnoe und körperliche Leistungsfähigkeit.	FEV1; IC und FRC waren kaum berichtet. Schlussfolgerung: Effekt auf Hyperinflation bleibt unsicher, aber Dyspnoe und körperliche Kapazität könnten profitieren.
Oscillatory positive expiratory pressure therapy in COPD (O-COPD): a randomised controlled trial. Thorax. DOI: 10.1136/thorax-2022-219077	Alghamdi et al.	2023 (online 2022)	122 stabile COPD-Patient:innen mit täglicher oder fast täglicher Sputumproduktion; 61 OPEP und 61 Kontrolle. 103 beendeten die Studie. FEV1 median etwa 38 % Soll; Substudie mit objektiver Husten-/Schlafmessung n=45.	Acapella®-OPEP über 3 Monate zusätzlich zur üblichen Versorgung; Kontrollgruppe mit üblicher Versorgung einschließlich Active Cycle of Breathing Technique.	Assessor-verblindete, parallelgruppige randomisierte kontrollierte Studie. Primärer Endpunkt: cough-related quality of life über Leicester Cough Questionnaire (LCQ). Sekundär: FACIT-Fatigue, EQ-5D, Hustenfrequenz, Schlafstörung/Bewegung.	OPEP verbesserte LCQ gegenüber Kontrolle (MD 1,03; 95%-KI 0,71–2,10; p=0,03), FACIT (MD 4,68; p<0,001) und EQ-5D (p=0,04). Objektive Hustenfrequenz sank signifikant; Schlafstörung zeigte keinen signifikanten Effekt. Schlussfolgerung: Bei COPD mit regelmäßiger Sputumproduktion verbessert regelmäßiges Acapella®-OPEP Symptome und Lebensqualität; Patient:innenselektion ist wichtig.
Efficacy and safety of long-term use of a positive expiratory pressure device in chronic obstructive pulmonary disease patients, a randomized controlled trial. BMC Pulmonary Medicine. DOI: 10.1186/s12890-023-02319-5	Xu et al.	2023	25 Patient:innen mit COPD und Belastungsintoleranz im Zusammenhang mit dynamischer Hyperinflation; randomisiert zu PEP-Gerät oder Sham-PEP. Kleine Stichprobe.	Langzeitanwendung eines PEP-Geräts: 4 Stunden täglich über 2 Monate; Kontrollbedingung mit Sham-PEP-Gerät. Zielmechanismus: Reduktion dynamischer Hyperinflation und damit Verbesserung von Belastbarkeit und Symptomen.	Randomisierte kontrollierte Studie. Outcomes: 6-Minuten-Gehtest, Lungenfunktion, Dyspnoe und Sicherheit/unerwünschte Ereignisse. Ziel: Wirksamkeit und Sicherheit einer längeren täglichen PEP-Anwendung bei COPD prüfen.	Die Interventionsgruppe zeigte Verbesserungen der 6MWD, Dyspnoe und Fatigue; unerwünschte Ereignisse wurden nicht berichtet. Schlussfolgerung: Regelmäßige PEP-Anwendung kann bei COPD als Ergänzung zur Rehabilitation hilfreich und sicher sein.
Oral Positive Expiratory Pressure Device for Excessive Dynamic Airway Collapse Caused by Emphysema. Chest. DOI: 10.1016/j.chest.2021.04.059	Zafar et al.	2021	Ein Patient mit Emphysem und excessive dynamic airway collapse (EDAC), mit Dyspnoe, eingeschränkter Lebensqualität und belastungsabhängiger Desaturation. Es handelt sich um eine Einzelfallbeobachtung, nicht um eine kontrollierte Studie.	Neues tragbares, hands-free orales PEP-Gerät (o-PEP; hier steht "o" für oral, nicht für oscillatory). Das Gerät wird im Mund gehalten und soll expiratorischen positiven Druck erzeugen, um zentralen Atemwegskollaps während der Ausatmung zu reduzieren. Anwendung über 2 Wochen bei 33-66% der Aktivitäten.	Fallbericht/Proof-of-concept mit bildgebender Funktionsbeurteilung. Ziel: prüfen, ob ein orales PEP-Gerät expiratorischen Trachealkollaps bei EDAC mechanisch reduziert und Symptome/Belastungsdesaturation verbessert.	MRT zeigte eine Zunahme der expiratorischen Trachealfläche von 80 mm ² auf 170 mm ² mit o-PEP. UCSD-Shortness-of-Breath-Score sank von 69 auf 42, SGRQ von 71 auf 27, Borg-Differenz nach 6MWT von Delta 3 auf Delta 2. Ohne Gerät fiel SpO ₂ während 6MWT von 91% auf 83%, mit Gerät lag der Nadir bei 90%. Schlussfolgerung: o-PEP kann bei einem EDAC-Patienten Atemwegskollaps und Dyspnoe reduzieren.
Initial evaluation of the safety of a disposable OPEP device in COPD: a short-term pilot study.	O'Sullivan et al.	2021	50 rekrutierte klinisch stabile produktive COPD-Patient:innen aus pulmonaler Rehabilitation; 24 beendeten die Studie; median 67,5 Jahre, 9 Frauen.	Prototypisches Einweg-OPEP-Gerät UL-OPEP, tägliche Anwendung über 1 Monat.	Kurzzeit-Pilotstudie zur Sicherheit. Prä/post: Spirometrie, 6-Minuten-Gehtest, St George's Respiratory Questionnaire und Usability-Fragebogen; Nachbeobachtung 2 Wochen.	Keine unerwünschten Ereignisse; Lungenfunktion, 6MWT und SGRQ ohne signifikante Verschlechterung; positives Usability-Feedback. Schlussfolgerung: kurzzeitige Anwendung scheint

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
BMC Pulmonary Medicine. DOI: 10.1186/s12890-021-01689-y						sicher, aber größere und längere Studien sind nötig, um Wirksamkeit zu prüfen.
Impact of OPEP Device Use on Post-Discharge Hospitalizations: Aerobika® vs Acapella®. International Journal of COPD. DOI: 10.2147/COPD.S256866	Tse et al.	2020	Propensity-score-gematchte Krankenhaus-/Claims-Daten: 619 Aerobika®- und 1857 Acapella®-Nutzer:innen mit COPD oder chronischer Bronchitis nach Krankenhauskontakt.	Aerobika®-OPEP versus Acapella®-OPEP im realen Versorgungssetting.	Retrospektive Kohortenstudie mit Propensity-Score-Matching. Outcomes: schwere Exazerbation als stationärer COPD/CB-Kontakt, all-cause inpatient visits, 30 Tage und 12 Monate nach Entlassung.	Aerobika®-Nutzer:innen hatten niedrigere Anteile ≥ 1 schwerer Exazerbation nach 30 Tagen (12,0 % vs. 17,4 %) und 12 Monaten (39,6 % vs. 45,3 %), weniger 12-Monats-Exazerbationen (0,7 vs. 0,9/Jahr) und weniger all-cause stationäre Kontakte.
Use of OPEP devices to augment sputum clearance in COPD: a systematic review and meta-analysis. Thorax. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2019-214360	Alghamdi et al.	2020	8 klinische Studien mit COPD-Patient:innen nach Volltextscreening von 77 Artikeln; 6 RCTs und 2 Cross-over-Studien.	Verschiedene OPEP-Geräte zur Unterstützung der Sputumclearance bei COPD.	Systematischer Review und Meta-Analyse bis März 2020. Ziel: Evidenzbasis für OPEP bei COPD, Symptome, Exazerbationen, 6-Minuten-Gehtest, Akzeptanz und Bias-Risiko untersuchen.	Niedriggradige Evidenz für weniger Symptome/Exazerbationen (OR 0,37; 95%-KI 0,19–0,72) und bessere 6MWD (MD 49,8 m; 95%-KI 14,2–85,5). Studien meist kurz und häufig mit hohem Bias-Risiko. Akzeptanz/Completion relativ hoch.
The Use of OPEP Therapy in COPD or Chronic Bronchitis with Excess Mucus Secretion: A Randomized Controlled Trial. ATS Abstract. DOI: 10.1164/ajrccm-conference.2019.199.1_MeetingAbstracts.A1114	van Es et al.	2019	Patient:innen mit COPD oder chronischer Bronchitis und vermehrter Schleimsekretion; RIS enthält keine vollständige Ergebniszusammenfassung.	OPEP-Therapie; genaue Geräte-/Dosierungsdetails im RIS-Eintrag nicht vollständig verfügbar.	ATS-Konferenzabstract einer prospektiven randomisierten, doppelblinden kontrollierten Studie. Ziel laut Studienregistrierung/Abstract: Effekt von OPEP auf respiratorische Symptome bei COPD/chronischer Bronchitis mit Mukussekretion untersuchen.	Nur Abstract-/Interimsinformation verfügbar; daher keine belastbare endgültige Wirksamkeitsbewertung. Wissenschaftlich korrekt ist eine vorsichtige Formulierung: Hinweis auf laufende/initiale RCT-Evidenz.
Intra versus extra-thoracic oscillations in chronic obstructive pulmonary disease. Journal of Advanced Pharmacy Education & Research.	Mohamed et al.	2019	60 männliche Patient:innen mit COPD im Alter von 50-60 Jahren; randomisiert in zwei gleich große Gruppen. Alle erhielten weiterhin COPD-Medikation.	Vergleich intrathorakaler Oszillationen über ein oszillierendes PEP-Gerät (Quake) mit extrathorakalen Oszillationen durch High-Frequency Chest Wall Oscillation (HFCWO)-Weste. Dosierung: 30-45 Minuten, 4 Sitzungen/Woche, 6 Wochen.	Randomisierte klinische Vergleichsstudie. Ziel: Wirksamkeit von intrathorakaler gegenüber extrathorakaler Oszillation bei COPD vergleichen. Messungen vor/nach Intervention: Spirometrie (FEV1, FVC, FEV1/FVC, FEF25-75%) und Impulsozillometrie (u. a. R5, X5).	Beide Gruppen verbesserten Spirometrie- und Impulsozillometrieparameter signifikant. Zwischen den Gruppen zeigten die meisten Post-Treatment-Parameter Vorteile zugunsten des Quake-Geräts. Die Autor:innen schlussfolgern, dass beide Ansätze wirksam sein können, intrathorakale Oszillation aber bessere Ergebnisse zeigte.
A Real-World Study of 30-Day Exacerbation Outcomes in COPD Patients Managed with Aerobika	Burudpakde et al.	2017	Retrospektive Real-World-Datenbankanalyse; gematchte COPD-Patient:innen mit Aerobika®-OPEP versus	Aerobika®-OPEP im Versorgungsalltag bei COPD.	Retrospektive Kohortenstudie mit Matching. Ziel: 30-Tage-Exazerbationsoutcomes nach Aerobika®-Management untersuchen. Keine	Berichtet wurden geringere moderate-schwere und schwere Exazerbationen innerhalb von 30 Tagen bei Aerobika®-Nutzung (z. B. 18,5 % vs. 25,7 % moderate-schwere

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
OPEP. Pulmonary Therapy. DOI: 10.1007/s41030-017-0027-5			Standardversorgung/kein Aerobika® laut publizierter Quelle.		Randomisierung, daher Confounding möglich.	Exazerbationen; 13,8 % vs. 19,0 % schwere Exazerbationen in früherer Extraktion).
Oscillatory Positive Expiratory Pressure in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. COPD. DOI: 10.3109/15412555.2015.1043523	Svenningsen et al.	2016 (online 2015)	29 Personen mit COPD (n=15) oder Bronchiektasen (n=14).	Aerobika®-OPEP, 4-mal täglich; Vergleich im Cross-over-Design.	Sechs Wochen Cross-over-Studie. Ziel: Verträglichkeit und Veränderungen bei Lungenfunktion, 6-Minuten-Gehtest, St George's Respiratory Questionnaire und Patient Evaluation Questionnaire.	Keine OPEP-bezogenen unerwünschten Ereignisse. Signifikante Verbesserungen bei 6MWD, SGRQ-Gesamtscore, Hustenfrequenz, Dyspnoe und erleichterter Sputumexpektoration.
Krankheitsverlauf bei schwerer COPD mit und ohne Physiotherapie mit dem RC-Cornet®. Pneumologie 2002;56:418–424	Cegla, Jost, Harten, Weber & Wissmann	2002	50 Personen mit schwerer, stabiler COPD, davon 12 Frauen und 38 Männer; mittleres Alter 63,1 Jahre, mittlere FEV1 41 Prozent und DLCO 51 Prozent des Sollwerts. Die Teilnehmenden waren zu Studienbeginn infektfrei, gehfähig und ehemalige Raucher; die Auswertung umfasste 25 Personen je Behandlungsgruppe.	Beide Gruppen erhielten Theophyllin nach Serumspiegel, Salmeterol, Ipratropiumbromid und täglich 5 mg Prednisolonäquivalent. Die Interventionsgruppe nutzte zusätzlich das RC-Cornet® in Combined-PEP-Ausgangsstellung mindestens dreimal täglich für jeweils fünf Minuten und bei Verschleimung oder Dyspnoe nach Bedarf.	Randomisierte prospektive Parallelgruppenstudie über zwei Jahre. Lungenfunktion und klinischer Verlauf wurden im ersten Jahr alle drei Monate und im zweiten Jahr alle vier Monate kontrolliert. Erfasst wurden Vitalkapazität, FEV1, thorakales Gasvolumen, Atemwegswiderstand, antibiotikapflichtige Exazerbationen, Krankenhausbehandlungen und stationäre Liegezeit.	Zu Beginn bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Im Zweijahresverlauf sanken TGV und Atemwegswiderstand in der RC-Cornet®-Gruppe gegenüber der ausschließlich medikamentös behandelten Gruppe signifikant ($p < 0,0177$ beziehungsweise $p < 0,0179$); die Vitalkapazität entwickelte sich ebenfalls signifikant günstiger ($p < 0,0179$). Der FEV1-Abfall war in der RC-Cornet®-Gruppe geringer, im direkten Gruppenvergleich für FEV1 jedoch nicht signifikant. Antibiotika benötigten 13 von 25 Personen mit RC-Cornet® gegenüber 24 von 25 Kontrollen ($p < 0,0004$). Wegen COPD-Exazerbationen wurden 5 gegenüber 12 Personen stationär behandelt ($p < 0,001$). Die mittlere Liegezeit betrug $16,2 \pm 6,3$ gegenüber $18,3 \pm 4,7$ Tagen und unterschied sich nicht signifikant. Die Autoren bewerteten Combined-PEP als wirksame Ergänzung der medikamentösen COPD-Therapie.
RC-Cornet® verbessert den Effekt einer Inhalationstherapie mit Ipratropiumbromid (Atrovent®) bei COPD-Patienten. Pneumologie 2001;55:465–469	Cegla, Jost, Harten & Weber	2001	35 Personen mit schwerer COPD und tracheobronchialer Instabilität, davon 10 Frauen und 25 Männer; mittleres Alter 65 ± 10 Jahre. Zu Studienbeginn lagen die mittlere Vitalkapazität bei $2,4 \pm 0,6$ l, die FEV1 bei $1,15 \pm 0,4$ l/s, der Atemwegswiderstand bei $0,73 \pm 0,29$ kPa·s/l und das Residualvolumen bei $4,03 \pm 1,04$ l.	Nach zwei Hüben Salbutamol inhalierten die Teilnehmenden 750 µg Ipratropiumbromid in 3 ml 0,9-prozentiger NaCl-Lösung über einen PARI-Vernebler. Verglichen wurden die konventionelle Inhalation und die Inhalation mit einem RC-Cornet® in Position 1 im Expirationsschenkel des Verneblers.	Prospektive randomisierte Cross-over-Studie an zwei aufeinanderfolgenden Tagen. Bodyplethysmographische Messungen erfolgten vor Bronchodilatation, 20 Minuten nach Salbutamol und 25 Minuten nach Ipratropiumbromid. Verglichen wurden Atemwegswiderstand, Vitalkapazität, FEV1 und Residualvolumen unter beiden Inhalationsbedingungen.	Mit RC-Cornet® sank der Atemwegswiderstand nach Ipratropiumbromid im Mittel auf $0,47 \pm 0,24$ kPa·s/l, gegenüber $0,55 \pm 0,23$ kPa·s/l bei konventioneller Inhalation; der Unterschied war signifikant ($p < 0,0002$). Die Vitalkapazität stieg auf $2,65 \pm 0,80$ gegenüber $2,52 \pm 0,72$ l ($p < 0,0051$), die FEV1 auf $1,34 \pm 0,51$ gegenüber $1,26 \pm 0,55$ l/s ($p < 0,0161$). Das Residualvolumen sank mit RC-Cornet® von $4,05 \pm 0,98$ auf $3,90 \pm 1,01$ l und lag ohne RC-Cornet® nach Inhalation bei $4,14 \pm 1,11$ l; hierfür wurde $p < 0,0555$ angegeben. Die Autoren folgerten, dass die Kombination die

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
						akute bronchodilatatorische Wirkung verstärkte und Inhalation und Physiotherapie in einem Behandlungsschritt verband.
Short-term efficacy of the RC-Cornet in decreasing cohesiveness of sputum in COPD patients. CHEST 1998;114(4 Suppl):318S (Posterabstract)	King, Feng, Deng, Huang, Cheng & Cegla	1998	10 stationär behandelte Personen mit COPD und expiratorischer Flusslimitation.	Eine 15-minütige Anwendung des RC-Cornet in Position 3,5 oder 4,0. Lungenfunktion, Dyspnoe und spontan gewonnenes Sputum wurden unmittelbar vor und nach der Behandlung untersucht.	Kurzzeit-Prä-Post-Studie. Erfasst wurden FVC, FEV1 und FEV1/FVC sowie Spinnbarkeit, Kohäsivität und viskoelastische Eigenschaften des Sputums bei niedriger und hoher Messfrequenz. Aus den rheologischen Werten wurde zusätzlich ein Index der mukoziliären Clearbarkeit berechnet.	Die Lungenfunktionsparameter veränderten sich nicht signifikant. Bei niedriger Frequenz nahm der elastische Rückstellfaktor $\tan \delta$ signifikant ab ($p = 0,035$); für den berechneten mukoziliären Clearance-Index wurde $p = 0,063$ angegeben. Die Sputumkohäsivität nahm signifikant ab ($p = 0,047$). Bei hoher Frequenz zeigten G^* und $\tan \delta$ keine signifikanten Veränderungen. Zwei Personen berichteten weniger Dyspnoe, acht keine Veränderung. Die Autoren folgerten, dass die RC-Cornet-Anwendung die Kohäsivität des COPD-Sputums reduzierte und dessen Clearbarkeit bei niedriger Frequenz verbesserte.
Physiotherapie bei Patienten mit COAD und tracheobronchialer Instabilität – Vergleich zweier oszillierender PEP-Systeme (RC-Cornet®, VRP1 Desitin). Pneumologie 1997;51:129–136	Cegla, Bautz, Fröde & Werner	1997	90 stationär behandelte Erwachsene bis 65 Jahre mit chronisch obstruktiver Atemwegserkrankung, tracheobronchialer Instabilität und Auswurf. Die Teilnehmenden wurden drei Gruppen mit jeweils 30 Personen zugeteilt: RC-Cornet®, VRP1 Desitin oder medikamentöse Kontrollbehandlung.	Alle Gruppen erhielten dieselbe medikamentöse und inhalative Basistherapie. Die beiden Physiotherapiegruppen nutzten zusätzlich entweder das RC-Cornet® oder den VRP1 Desitin viermal täglich für jeweils fünf Minuten über sieben Tage; die Anwendung wurde am Vortag angeleitet.	Randomisierte prospektive Drei-Gruppen-Studie. An den Tagen 1, 4 und 7 wurden vor und nach der Physiotherapie Vitalkapazität, FEV1, Residualvolumen, Atemwegswiderstand, spezifische Resistance, Blutgase sowie Check-valve- und Trapped-air-Befunde erhoben. Husten, Auswurf, Atemnot, Befinden und Beurteilung der Behandlung wurden mit visuellen Analogskalen erfasst.	Nach der ersten RC-Cornet®-Anwendung sank das mittlere Residualvolumen von $5,06 \pm 2,24$ auf $4,60 \pm 1,77$ l ($p < 0,05$). Im Vergleich zum VRP1 war die Veränderung des Residualvolumens am ersten Tag zugunsten des RC-Cornet® unterschiedlich ($p < 0,0082$); die PaCO ₂ -Veränderungen unterschieden sich an Tag 1 ($p < 0,004$) und Tag 4 ($p < 0,0055$). Für FEV1, Vitalkapazität, Atemwegswiderstand und spezifische Resistance bestanden über sieben Tage keine signifikanten Unterschiede zwischen den Behandlungsgruppen. Von Tag 1 bis Tag 7 wurden Auswurf ($p < 0,0318$), Befinden ($p < 0,0277$) und die Beurteilung der Behandlung ($p < 0,050$) mit RC-Cornet® signifikant günstiger bewertet als mit VRP1; beim Husten lag p bei 0,0552. Die Autoren beschrieben eine hohe Akzeptanz, gute Handhabung und Wirksamkeit des RC-Cornet® bei COAD mit tracheobronchialer Instabilität.

1.3 PEP/OPEP bei Bronchiektasen

Untersucht werden Airway-Clearance-Techniken bei Bronchiektasen mit chronisch produktivem Husten, Sekretretention und wiederkehrenden Exazerbationen. OPEP kann kurzfristig die Sputumexpektoration unterstützen, die Sputumviskosität beeinflussen und hustenbezogene Beschwerden oder Lebensqualität verbessern. Einzelne Pilot- und Versorgungsstudien berichten auch weniger Exazerbationen.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Incorporating RC-Cornet PLUS and POWERbreathe Medic Plus Device Along With Pulmonary Rehabilitation in Bronchiectasis: A Case Report. Cureus. DOI: 10.7759/cureus.79433	Solanke & Lalwani	2025	Ein erwachsener Bronchiektasie-Patient mit Atemnot, erschwelter Sekretelimination und wiederholten Hospitalisierungen wegen respiratorischer Infektionen.	Kombination aus RC-Cornet PLUS®, POWERbreathe Medic Plus® und pulmonalem Rehabilitationsprogramm.	Fallbericht. Ziel: physiotherapeutisches multimodales Management zur Verbesserung von funktioneller Kapazität, Sekretclearance und Lebensqualität darstellen.	Der Fallbericht beschreibt Verbesserungen von funktioneller Kapazität und Lebensqualität nach Kombination aus Geräteanwendung und pulmonaler Rehabilitation. Wegen Einzelfall und multimodaler Intervention keine Aussage möglich, welcher Bestandteil den Effekt verursachte.
Management erwachsener Patientinnen und Patienten mit Bronchiektasen-Erkrankung: S2k-Leitlinie der DGP Pneumologie 2024;78(11):833–899; DOI: 10.1055/a-2311-9450; AWMF-Registernummer: 020-030	Ringshausen et al.	2024	Keine eigene Patientenstichprobe; Zielgruppe sind Erwachsene mit radiologisch bestätigter Bronchiektasen-Erkrankung unterschiedlicher Ursache, Symptomlast und Schwere einschließlich Exazerbationen, chronischer Infektion, Komorbiditäten und besonderer Lebenssituationen.	Ätiologiebezogene Diagnostik und Behandlung, regelmäßige mikrobiologische Kontrolle, Atemphysiotherapie und selbstständig durchgeführte Airway-Clearance-Techniken bei chronisch produktivem Husten oder erschwelter Sekretmobilisation, körperliches Training und Rehabilitation, Impfungen und Selbstmanagement sowie indikationsgerechte Mukolytika, Bronchodilatoren, antiinflammatorische Therapien und Antibiotika; bei fortgeschrittener Erkrankung gegebenenfalls NIV, Operation oder Lungentransplantation.	Erste umfassende deutschsprachige, konsensusbasierte S2k-Leitlinie zum Management erwachsener Bronchiektasen; multidisziplinäre Entwicklung unter Beteiligung mehrerer Fachgesellschaften und Patientenvertretung. Ziel ist eine standardisierte, ätiologie- und risikoorientierte Versorgung einschließlich nicht medikamentöser, medikamentöser und sozialmedizinischer Aspekte.	Bei chronisch produktivem Husten, erschwertem Abhusten oder klinischen beziehungsweise bildgebenden Zeichen von Sekretretention soll der Zugang zu spezialisierter Atemphysiotherapie ermöglicht und eine selbstständige Durchführung, häufig ein- bis zweimal täglich, geschult werden. Keine einzelne ACT ist für alle Betroffenen überlegen; Auswahl, Intensität und Verlaufskontrolle sollen individualisiert werden. Die Leitlinie betont CT-basierte Diagnosesicherung, Ursachenabklärung, Exazerbationsprävention, Patientenschulung und Selbstmanagement.
Effectiveness of OPEP in bronchiectasis with frequent exacerbations: a single-arm pilot study. Frontiers in Medicine. DOI: 10.3389/fmed.2023.1159227	Kim et al.	2023	17 Patient:innen mit Non-CF-Bronchiektasen und ≥ 3 akuten Exazerbationen im Vorjahr.	Aerobika®-OPEP zweimal täglich über 6 Monate.	Offene einarmige prospektive Pilotstudie. Ziel: Exazerbationsprävention, Symptomverbesserung, Sputummenge und Sicherheit evaluieren.	Während der Studie traten nur zwei akute Exazerbationen auf, signifikant weniger als im Vorjahr ($p < 0,001$). Bronchiectasis Health Questionnaire verbesserte sich von 58,7 auf 66,6 ($p < 0,001$). Sputumvolumen war nach 3 Monaten höher, aber nicht signifikant. Keine schweren gerätebezogenen Nebenwirkungen.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
European Respiratory Society statement on airway clearance techniques in adults with bronchiectasis. European Respiratory Journal. DOI: 10.1183/13993003.02053-2022	Herrero-Cortina et al.	2023	Erwachsene Patient:innen mit Bronchiectasen. Die Stellungnahme berücksichtigt klinische Praxis, Patient:innenperspektiven sowie Evidenz aus randomisierten Studien zu Airway-Clearance-Techniken. Task Force: 14 Expert:innen und 2 Patientenvertreter:innen aus 10 Ländern.	Airway-Clearance-Techniken (ACT), insbesondere Active Cycle of Breathing Techniques, PEP-Geräte, oszillierende PEP-Varianten und gravity-assisted drainage. PEP-Geräte werden als häufig eingesetzte Methode zur Sekretmobilisation bei Bronchiectasen behandelt.	ERS-Statement/klinische Stellungnahme mit systematischen Literatursuchen zu sechs konsentierten Fragestellungen. Ziel: physiologische Grundlagen, Mechanismen, Vorteile/Nachteile, Implementierung, Patient:innenbarrieren und Forschungsstand zu ACTs bei Bronchiectasen zusammenfassen und Empfehlungen für bessere Evidenzgenerierung ableiten.	ACTs erhöhen die Sputumclearance während oder nach Behandlung, reduzieren den Husten-Impact und können Exazerbationsrisiko sowie gesundheitsbezogene Lebensqualität verbessern. Es besteht jedoch Variabilität bei Zugang, Anwendung und Berichterstattung. Keine einzelne Technik ist universell überlegen; Auswahl soll individualisiert nach Pathophysiologie, Symptomen, Präferenz, Ressourcen und Adhärenz erfolgen. Zukünftige Studien sollen Bias reduzieren und Interventionen genauer beschreiben.
Airway clearance, mucoactive therapies and pulmonary rehabilitation in bronchiectasis. Respiriology. DOI: 10.1111/resp.13459	O'Neill et al.	2019	Patient:innen mit Bronchiectasen; Review adressiert chronische Sekretretention, Husten, Exazerbationen, reduzierte gesundheitsbezogene Lebensqualität und körperliche Inaktivität/Muskelschwäche.	Airway-Clearance-Techniken (ACT), oszillierende/ventilations- und flowbasierte Verfahren, mukoaktive Substanzen sowie pulmonale Rehabilitation bzw. Bewegungstraining.	Übersichtsarbeit mit physiologischer Einordnung. Ziel: rationale Auswahl von ACTs, Zusammenspiel von mukoaktiver Therapie und ACT sowie Bedeutung von PR/Training bei Bronchiectasen darstellen.	Keine einzelne ACT ist klar überlegen. Auswahl sollte anhand von physiologischen Wirkprinzipien, Patient:innenmerkmalen, Präferenz und Umsetzbarkeit erfolgen. Mukoaktive Therapie sollte zeitlich und mechanistisch mit ACT abgestimmt werden.
Oscillatory Positive Expiratory Pressure in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. COPD. DOI: 10.3109/15412555.2015.1043523	Svenningsen et al.	2016 (online 2015)	29 Personen mit COPD (n=15) oder Bronchiectasen (n=14).	Aerobika®-OPEP, 4-mal täglich; Vergleich im Cross-over-Design.	Sechs Wochen Cross-over-Studie. Ziel: Verträglichkeit und Veränderungen bei Lungenfunktion, 6-Minuten-Gehtest, St George's Respiratory Questionnaire und Patient Evaluation Questionnaire.	Keine OPEP-bezogenen unerwünschten Ereignisse. Signifikante Verbesserungen bei 6MWD, SGRQ-Gesamtscore, Hustenfrequenz, Dyspnoe und erleichterter Sputumexpektoration.
Effects of OPEP therapy in adults with stable non-CF bronchiectasis: A systematic review. Chronic Respiratory Disease. DOI: 10.1177/1479972314562407	Lee et al.	2014	7 Studien mit insgesamt 146 Erwachsenen mit stabiler Non-CF-Bronchiectasie.	OPEP im Vergleich zu anderen ACTs oder keiner Behandlung/Kontrolle.	Systematischer Review. Outcomes: Sputumexpektoration, Lungenfunktion, Gasaustausch, Lebensqualität, Symptome und Exazerbationsrate; mittlerer PEDro-Score 7(1).	OPEP verbesserte Sputumexpektoration gegenüber keiner Behandlung und Lebensqualität (krankheitsspezifisch p<0,001; hustenbezogen p<0,002). Gegenüber anderen ACTs ähnliche Effekte auf Sputum, dynamische Lungenvolumina, Gasaustausch und Symptome. Keine Reduktion der Exazerbationsrate belegt.
Influence of OPEP using predetermined expiratory pressures on sputum viscosity and transportability in bronchiectasis. Jornal Brasileiro	Ramos et al.	2009	15 stabile Patient:innen mit Bronchiectasen; 7 Männer; mittleres Alter 53 ± 16 Jahre.	OPEP mit vorgegebenem Expirationsdruck 15 cmH ₂ O (P15) und 25 cmH ₂ O (P25); zwei Interventionen mit 24 h Abstand, Serien mit je 10 min.	Interventionsstudie mit wiederholten Messungen. Ziel: Effekt unterschiedlicher OPEP-Druckniveaus auf Sputumviskosität und Transportabilität untersuchen. Messungen: Viscometrie, Froschgaumen-	Sputumviskosität sank signifikant nach P15 und nach P25, Transportabilitätsmaße änderten sich nicht signifikant.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
de Pneumologia. DOI: 10.1590/s1806- 37132009001200005					Modell, simulierte Hustenmaschine, Kontaktwinkel.	
Short-term efficacy of RC-Cornet in improving pulmonary function and decreasing cohesiveness of sputum in bronchiectasis patients. CHEST 1998;114(4 Suppl):320S (Posterabstract)	Feng, Deng, Huang, Cheng, Cegla & King	1998	10 ambulante Personen mit durch Bronchographie und CT diagnostizierten Bronchiektasen.	Eine 15-minütige Anwendung des RC-Cornet in Position 4,0. Lungenfunktion, Dyspnoe und spontan gewonnenes Sputum wurden unmittelbar vor und nach der Behandlung untersucht.	Kurzzeit-Prä-Post-Studie. Erfasst wurden FVC, FEV1 und FEV1/FVC sowie die mit Filancemeter und magnetischem Rheometer bestimmte Spinnbarkeit, Kohäsivität und Viskoelastizität des Sputums. Zusätzlich wurde die subjektive Veränderung der Dyspnoe abgefragt.	Die FVC nahm bei 9 von 10 Personen zu; der mittlere Anstieg um 90 ml war signifikant ($p = 0,026$). FEV1 und FEV1/FVC veränderten sich nicht. Die Kohäsivität des Sputums nahm ab ($p = 0,013$), ebenso die Viskoelastizität bei niedriger Frequenz ($\log G^*$ bei 1 rad/s; $p = 0,024$). Fünf Personen berichteten eine Besserung der Dyspnoe, fünf keine Veränderung. Die Autoren schlossen, dass die 15-minütige RC-Cornet-Anwendung die Sputumeigenschaften verbesserte und mit einer Zunahme der FVC verbunden war.

1.4 PEP/OPEP bei Mukoviszidose / CF

Die Arbeiten vergleichen unterschiedliche Airway-Clearance-Techniken bei Mukoviszidose und untersuchen zusätzlich Durchführung, Behandlungsqualität und Adhärenz im Alltag. Kurzfristig können ACTs den Schleimtransport und die Expektoration fördern.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Real-world effectiveness of airway clearance techniques in children with cystic fibrosis. European Respiratory Journal. DOI: 10.1183/13993003.00522-2023	Filipow et al.	2023	Project Fizzyo: 145 Kinder/Jugendliche mit CF; Analyse nach Ausschlüssen: 45.224 ACT-Behandlungen von 135 Personen und 21.069 Tage ohne Behandlung von 141 Personen über 16 Monate.	Vier kommerzielle ACT-Geräte mit elektronischen Drucksensoren; Behandlungen als konform, nicht konform oder verpasst klassifiziert anhand Atemdruck/-länge.	Longitudinale Real-World-Beobachtungsstudie. Ziel: Zusammenhang zwischen ACT-Quantität/-Qualität und FEV1 im Alltag mit linearen gemischten Modellen prüfen.	Nur konforme ACTs (21 %) waren mit höherem FEV1 assoziiert (Effektgröße 0,23 FEV1 %-Soll pro Behandlung). Nicht-konforme und verpasste Behandlungen zeigten keinen Nutzen und unterschieden sich nicht signifikant. Schlussfolgerung: Qualität der Durchführung ist entscheidend; reine Durchführung ohne korrekte Technik reicht nicht.
Quantity and quality of airway clearance in children and young people with cystic fibrosis. Journal of Cystic Fibrosis. DOI: 10.1016/j.jcf.2022.09.008	Raywood et al.	2023	145 Kinder/Jugendliche mit Mukoviszidose, 6–16 Jahre; 742.084 Atemzüge aus 9.081 Behandlungen über 2 Monate.	PEP- und OPEP-basierte Heim-ACTs mit elektronischen Drucksensoren zur objektiven Erfassung von Anzahl, Atemlänge und Druck.	Beobachtungsstudie/Remote-Monitoring. Ziel: Quantität und Qualität häuslicher ACTs gegen Verordnung und Empfehlungen benchmarken.	60 % führten mindestens die Hälfte der verordneten Behandlungen durch, 27 % weniger als ein Viertel. Präadoleszente erfüllten Tagesanzahl häufiger als Jugendliche. PEP erzeugte längere Atemzüge/niedrigere Drücke; OPEP kürzere Atemzüge/höhere Drücke. Nur 1–3 % der OPEP-

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
						Atemzüge lagen zugleich in empfohlenem Druck- und Längenbereich gegenüber 30–31 % bei PEP. Objektives Monitoring kann Technik und Geräteauswahl verbessern.
Conventional chest physiotherapy compared to other airway clearance techniques for cystic fibrosis. Cochrane Database of Systematic Reviews. DOI: 10.1002/14651858.CD002011.pub 3	Main & Rand	2023	778 Teilnehmer:innen aus 21 Studien mit Mukoviszidose; Studien kurz-, mittel- und langfristig, verschiedene Altersgruppen und Settings.	Konventionelle Thoraxphysiotherapie (CCPT) versus alternative ACTs wie PEP, Active Cycle of Breathing Technique, Bewegung/Training und andere selbständig durchführbare Verfahren.	Cochrane Review. Ziel: Effektivität und Akzeptanz von CCPT im Vergleich zu alternativen Airway-Clearance-Techniken hinsichtlich Lungenfunktion, Exazerbationen, Training, Präferenz, Adhärenz und Lebensqualität bewerten.	Die meisten Studien zeigten keinen klaren Unterschied zwischen CCPT und Alternativen; Evidenzsicherheit sehr niedrig. Teilnehmende bevorzugten häufig selbständig anwendbare ACTs. Keine einzelne Technik kann eindeutig als überlegen empfohlen werden; individuelle Auswahl und Präferenz bleiben zentral.
Airway clearance techniques compared to no airway clearance techniques for cystic fibrosis. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2023(4); DOI: 10.1002/14651858.cd001401.pub 4	Warnock & Gates	2023	Zwölf Studien, darunter elf Crossover- und eine Parallelstudie, mit insgesamt 194 Menschen mit Mukoviszidose.	Verschiedene Atemwegsclearance-Techniken versus keine Clearance oder spontanes Husten.	Cochrane-Review randomisierter und quasi-randomisierter Studien; bewertet wurden Wirksamkeit, Akzeptanz, Lungenfunktion und Schleimtransport.	Atemwegsclearance kann kurzfristig den Schleimtransport verbessern; für Lungenfunktion und insbesondere langfristige klinische Endpunkte bestand keine klare, hochwertige Evidenz.
Short-term evaluation of a prototype disposable OPEP device in children with cystic fibrosis. BMC Pulmonary Medicine. DOI: 10.1186/s12890-021-01525-3	O'Sullivan et al.	2021	36 Kinder/Jugendliche mit Mukoviszidose aus einer pädiatrischen CF-Versorgung; 31 beendeten die Studie, median 10 Jahre, Alter 4–16 Jahre, alle bereits OPEP-Nutzer:innen.	Tägliches Einweg-OPEP-Gerät UL-OPEP als Ersatz des primären bisherigen OPEP-Geräts über 1 Monat; keine Änderung von Frequenz/Dauer der Therapie vorgesehen.	Einarmige prä/post Kurzzeitevaluation. Outcomes: Spirometrie, Lung Clearance Index, 6MWT, CFQ-R und Nutzer:innenfeedback.	Lungenfunktion, LCI, 6MWT und CFQ-R blieben unverändert; Feedback überwiegend positiv. Schlussfolgerung: Kurzfristig keine Sicherheits-/Funktionsverschlechterung und potenziell weniger Kontaminationsrisiko durch Wegfall der Reinigung.
Standards of Care and Good Clinical Practice for the Physiotherapy Management of Cystic Fibrosis, Fourth Edition. Cystic Fibrosis Trust / ACPCF 2020; 4. Auflage, November 2020	Morrison & Parrott	2020	Keine eigene Studienpopulation; der Standard richtet sich an Menschen mit Mukoviszidose aller Altersstufen, ihre Familien und physiotherapeutische beziehungsweise multiprofessionelle Behandlungsteams. Er umfasst stabile Phasen, pulmonale Exazerbationen,	Individualisierte tägliche Atemwegsreinigung mit alters- und befundgerechter Auswahl aus ACBT, PEP, oszillierendem PEP, autogener Drainage, körperlicher Aktivität, modifizierter Lagerungsdrainage, manuellen Techniken und weiteren Geräten; zusätzlich	Umfassendes evidenz- und konsensbasiertes Versorgungs- und Good-Practice-Dokument des Cystic Fibrosis Trust und der Association of Chartered Physiotherapists in Cystic Fibrosis; vierte Auflage als Aktualisierung früherer Standards. Empfehlungen werden mit der	Atemwegsreinigung soll lebenslang individualisiert, regelmäßig überprüft und an Alter, Lungenfunktion, Sekret, Exazerbationen, Lebensstil, Präferenz und Adhärenz angepasst werden. Oszillierende PEP-Geräte können als geeignete Technik erwogen werden, die Evidenz für eine Überlegenheit gegenüber anderen ACTs ist jedoch niedrig; ACBT und PEP fördern die selbstständige Durchführung.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
			besondere Lebensphasen und fortgeschrittene Erkrankung.	Bewegungstraining, Inhalationsmanagement, Haltungs- und muskuloskelettale Therapie, Beckenbodentraining, nicht invasive Beatmung und physiotherapeutische Begleitung in besonderen Situationen.	jeweiligen Qualität der Evidenz und ergänzenden Good-Practice-Punkten dargestellt.	HFCWO ist anderen Verfahren nicht generell überlegen und kann langfristig ungünstigere Exazerbationsergebnisse als PEP zeigen.
Oscillating Positive Expiratory Pressure Therapy May Be Performed Poorly by Children With Cystic Fibrosis. Respiratory Care. DOI: 10.4187/respcare.06329	O'Sullivan et al.	2019	21 pädiatrische Patient:innen mit Mukoviszidose, die OPEP im Alltag nutzten.	OPEP-Anwendung unter standardisierter Anleitung; Bewertung der realen Technik und Ziel-Druckbereiche.	Beobachtungs-/Anwendungsstudie. Ziel: Qualität der OPEP-Durchführung und Einhaltung therapeutischer Druckbereiche bei Kindern mit CF untersuchen.	Trotz standardisierter Anleitung bestand erhebliche Variabilität und insgesamt schlechte Technik; therapeutische Zielbereiche wurden häufig nicht erreicht bzw. teils überschritten.
Effects of treadmill exercise versus Flutter® on respiratory flow and sputum properties in adults with cystic fibrosis. BMC Pulmonary Medicine. DOI: 10.1186/s12890-016-0360-8	Dwyer et al.	2017	24 Erwachsene mit Mukoviszidose und milder bis schwerer Lungenerkrankung (FEV1 28–86 % Soll).	20 min Ruhekontrolle, Laufbandtraining bei 60 % VO2peak und Flutter®-Therapie; jeweils im randomisierten Cross-over.	Dreitägige randomisierte kontrollierte Cross-over-Studie. Ziel: respiratorische Flows, Sputumeigenschaften (Solids, mechanische Impedanz) und subjektive Expektorations/Brustkongestion zwischen Training und Flutter® vergleichen.	Training und Flutter® steigerten Peak Expiratory Flow und reduzierten Sputumimpedanz ähnlich. Nur Flutter® erzeugte expiratorischen Flow-Bias; nur Training erhöhte vorübergehend Sputumhydratation. Training verbesserte subjektive Expektoration, Flutter® das Gefühl der Brustkongestion.
Oscillating devices for airway clearance in people with cystic fibrosis. Cochrane Database of Systematic Reviews. DOI: 10.1002/14651858.CD006842.pub 4	Morrison & Milroy	2017	35 Studien mit 1138 Personen mit Mukoviszidose; Studienlängen bis eine Woche bis ein Jahr, 20 Cross-over-Studien.	Orale und thorakale oszillierende Geräte, einschließlich OPEP und High Frequency Chest Wall Oscillation, im Vergleich zu anderen Physiotherapieformen.	Cochrane Review. Ziel: klären, ob oszillierende Geräte für mukoziliäre Clearance wirksam, äquivalent oder überlegen gegenüber anderen ACTs sind.	Keine klare Evidenz, dass Oszillation insgesamt wirksamer oder weniger wirksam ist als andere Physiotherapieformen; keine Evidenz für Überlegenheit eines Geräts. Einzelne kleine Effekte auf Sputumvolumen/-gewicht, aber nicht konsistent zugunsten oszillierender Geräte.

1.5 PEP/OPEP perioperativ, postoperativ und in der Intensivmedizin

Dieses Unterkapitel umfasst Studien nach Thorax-, Oberbauch-, Herz- und Lungenoperationen sowie Anwendungen bei intensivmedizinisch behandelten oder intubierten Patientinnen und Patienten. OPEP führte in mehreren Arbeiten kurzfristig zu besserer Sputumpassage, günstigeren Lungenvolumina, verbesserter regionaler Belüftung oder Oxygenierung; einzelne Studien berichten außerdem weniger Fieber und kürzere Krankenhausaufenthalte. Eine Meta-Analyse weist auf geringere postoperative Einbußen von FEV1 und FVC hin.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Management of tracheobronchial secretions in different health care facilities in German-speaking countries – results from an interdisciplinary online survey Heliyon 2026;12(2):e44503. DOI: 10.1016/j.heliyon.2026.e44503	Groß M; Hirschfeld S; Hornemann D; Pitter L; Schucher B; Vakalopoulo u- Paschalidou M; Dellweg D	2026	Befragte: 258 Gesundheitsfachpersonen: Ärzt:innen, Respiratory Therapists, Pflegefachpersonen, Kinderkrankenpflege, Logopädie und Physiotherapie. Rekrutierung: Einladung an 1.695 Mitglieder von DIGAB, DGNR, DGA und DGP; 97 % der Teilnehmenden arbeiteten in Deutschland. Arbeitsbereiche: 188 (73 %) in Krankenhäusern/Rehabilitationseinrichtung en; 70 (27 %) im außerklinischen bzw. gemeinschaftlichen Setting. Versorgte Populationen: Kinder, Erwachsene oder beide Altersgruppen; u. a. ICU, Weaning, frühe neurologisch- neurochirurgische Rehabilitation und außerklinische Intensivversorgung.	Gegenstand: Keine vorgegebene Intervention, sondern Erhebung der real praktizierten Diagnostik und Therapie des tracheobronchialen Sekretmanagements. Thematische Verfahren: Das Befragungsspektrum umfasste unter anderem Sekretmanagement, Aerosoltherapie und mechanische Insufflation-Exsufflation sowie weitere diagnostische und therapeutische Routinen. Anwendung: Erfasst wurde, welche Methoden im jeweiligen Hauptarbeitsumfeld täglich oder routinemäßig eingesetzt werden.	Typ: Interdisziplinäre, querschnittliche Online- Befragung mit 15 geschlossenen und 2 offenen Fragen. Ziel: Versorgungspraxis des tracheobronchialen Sekretmanagements in deutschsprachigen Versorgungseinrichtungen erfassen und Verbesserungsmaßnahmen ableiten. Vergleiche: Krankenhaus/Rehabilitation versus außerklinische Versorgung; ICU, Weaning und ENNR; häusliche Intensivversorgung versus Wohngemeinschaften; pädiatrische versus adulte bzw. gemischte Versorgung.	Hauptergebnis: Das Spektrum der täglich oder routinemäßig eingesetzten diagnostischen und therapeutischen Methoden unterschied sich deutlich nach Versorgungssetting, Stationstyp und Altersgruppe der betreuten Patient:innen. Schlussfolgerung: Es besteht Bedarf an einem fachübergreifenden Konsens sowie an standardisierten Vorgehensweisen in nationalen Leitlinien oder lokalen Standard Operating Procedures. Forschungsbedarf: Die beobachteten Praxisunterschiede müssen weiter untersucht werden, um patientengerechte und settingübergreifend konsistente Versorgungsstandards abzuleiten.
Effect of OPEP on lung recruitment and gas distribution in post-surgery patients: A pilot study. Trends in Anaesthesia and Critical Care. DOI: 10.1016/j.tacc.2024.101383	Xu et al.	2024	26 ICU-Patient:innen nach größerer Operation und Extubation.	OPEP auf fünf Intensitäts- /Widerstandsstufen während Monitoring mit elektrischer Impedanztomographie (EIT).	Pilotstudie. Primärer Endpunkt: Änderung der endexpiratorischen Lungenimpedanz (Δ EELI) als Surrogat für endexpiratorisches Lungenvolumen. Sekundär: globaler Inhomogenitätsindex, Atemfrequenz, SpO ₂ , Blutdruck, Herzfrequenz.	Δ EELI stieg während OPEP gegenüber Baseline und korrelierte mit OPEP-Level; stärkster Effekt im mitteldorsalen Lungenareal. SpO ₂ verbesserte sich kurzfristig. Schlussfolgerung: OPEP kann postoperativ kurzfristig Lung Recruitment und Oxygenierung verbessern.
Effects of oscillatory positive expiratory pressure therapy in patients undergoing thoracic or upper abdominal surgery: A	You et al.	2024	1166 Patient:innen aus 13 randomisierten kontrollierten Studien nach Thorax- oder Oberbauchchirurgie.	OPEP/OPEPT zusätzlich oder im Vergleich zu Routineversorgung; Geräte und Protokolle je nach eingeschlossener Studie unterschiedlich.	Systematischer Review und Meta-Analyse. Datenbanken: PubMed, Cochrane Library, Web of Science, EBSCO, SinoMed, Weipu, WanFang, CNKI. Outcomes: FEV ₁ , FVC,	OPEPT verringerte den postoperativen Abfall von FEV ₁ (MD 0,30) und FVC (MD 0,38), erhöhte Drainagevolumen (MD 91,53) und verkürzte Krankenhausaufenthalt (MD $-$ 1,85 Tage). Kein signifikanter Effekt auf FEV ₁ /FVC und

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
systematic review and meta-analysis. Heliyon. DOI: 10.1016/j.heliyon.2024.e37798					FEV1/FVC, postoperative Drainage, Drainageverweildauer, Krankenhausaufenthalt.	Drainageverweildauer. Schlussfolgerung: mögliche Beschleunigung der postoperativen Erholung; wegen Heterogenität und Studienqualität sind große hochwertige RCTs nötig.
The use of oscillatory respiratory therapy with positive expiratory pressure to restore the functional state of the lungs in patients after cardiac surgery. DOI: 10.17116/kurort202310006121	Eremenko et al.	2023	60 erwachsene Patient:innen nach elektiver Herzoperation; spontan atmend nach Extubation, bewusst, kontaktfähig, mit ausreichender Oxygenierung unter Low-Flow-O2 und adäquater Analgesie.	Acapella DH Green®; Beginn 10–12 h nach Extubation, 3-mal täglich über 3 postoperative Tage; Ziel: Sekretpassage und postoperative Lungenfunktion unterstützen.	Randomisierte prospektive Studie mit 30 Intervention und 30 Kontrolle. Messungen vor und 20 min nach Sitzungen: SpO2, maximale inspiratorische Kapazität, portable Spirometrie, radiologische Veränderungen, klinische Sekretpassage.	OPEP war gut verträglich und ohne therapieassoziierte Komplikationen. Es zeigte sich eine verbesserte Sputumpassage, höhere inspiratorische Kapazität, weniger radiologische Lungenveränderungen und weniger Patient:innen mit niedriger Sauerstoffsättigung.
Comparative efficacy of different combinations of acapella, active cycle of breathing technique, and external diaphragmatic pacing in perioperative patients with lung cancer: a randomised controlled trial BMC Cancer, 23(1), 2023; DOI: 10.1186/s12885-023-10750-4	Chen et al.	2023	363 perioperative Patientinnen und Patienten mit Lungenkrebs nach thorakoskopischer Lobektomie oder Segmentektomie.	Acapella plus Active Cycle of Breathing Technique, externe Zwerchfellstimulation plus ACBT oder ACBT allein.	Randomisierte kontrollierte Drei-Gruppen-Studie; primärer Endpunkt war die funktionelle Kapazität im Sechs-Minuten-Gehtest nach einer Woche und einem Monat.	Beide kombinierten Verfahren verbesserten Gehstrecke und Lungenfunktion stärker als ACBT allein; externe Zwerchfellstimulation plus ACBT war Acapella plus ACBT überlegen.
Physical Therapist Management of COVID-19 in the Intensive Care Unit: The West China Hospital Experience. Physical Therapy. DOI: 10.1093/ptj/pzaa198	Li et al.	2020	16 Patient:innen mit schwerem oder kritischem COVID-19 in einer ICU in Chengdu, China; alle mit mindestens einer Komorbidität. Medianer Krankenhausaufenthalt 27 Tage, medianer ICU-Aufenthalt 15 Tage.	Physiotherapeutisches ICU-Management mit Lagerung, Airway-Clearance-Techniken, oscillatory positive expiratory pressure, inspiratorischem Muskeltraining und Mobilitätsübungen, zusätzlich zu medizinischer COVID-19-Behandlung.	Erfahrungsbericht/Fallserie eines speziell eingerichteten Physiotherapiedienstes. Ziel: Rolle, Machbarkeit und Inhalte physiotherapeutischer Behandlung bei schweren/kritischen COVID-19-Verläufen in der ICU beschreiben.	Die Arbeit beschreibt die strukturierte Integration von Atemphysiotherapie und Mobilisation in die ICU-Versorgung. Wegen fehlender Kontrollgruppe sind keine kausalen Wirksamkeitsaussagen möglich. Relevanz: OPEP kann als Bestandteil eines multimodalen ICU-Programms eingesetzt werden, die Indikation muss aber individuell und unter Sicherheitsaspekten erfolgen.
The immediate effects of breathing with oscillated inspiratory and expiratory airflows	Kluayhomthong et al.	2018	13 intubierte Patient:innen mit zervikaler Rückenmarksverletzung C4–C7, AIS C, mit Sekretretention.	Sham-Tiefatmung, OPEP sowie Kombination aus OPEP und oscillated incentive spirometry (OIS); Sekrete wurden	Prospektive randomisierte Cross-over-Studie mit unmittelbaren Effekten. Ziel: Sekretclearance und kardiopulmonale	Sekretmenge nahm nach allen Interventionen zu; OPEP und OPEP+OIS waren Sham überlegen, OPEP+OIS war OPEP überlegen. Keine signifikanten kardiopulmonalen

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
on secretion clearance in intubated patients with cervical spinal cord injury. Spinal Cord. DOI: 10.1038/s41393-018-0220-x				vor/nach Intervention per steriler Absaugung gesammelt.	Sicherheit von OPEP und OPEP+OIS bei intubierten SCI-Patient:innen prüfen.	Veränderungen oder Nebenwirkungen. Schlussfolgerung: Kombination aus inspiratorisch und expiratorisch oszilliertem, befeuchtetem Luftstrom kann Sekretclearance akut verbessern.
The use of a modified, oscillating positive expiratory pressure device reduced fever and length of hospital stay after thoracic and upper abdominal surgery. Journal of Physiotherapy. DOI: 10.1016/j.jphys.2014.11.013	Zhang et al.	2015	203 Erwachsene nach Thorax- oder Oberbauchoperation unter Allgemeinanästhesie; 99 Intervention, 104 Kontrolle.	Modifiziertes oszillierendes PEP-Gerät 3-mal täglich für 5 postoperative Tage; beide Gruppen erhielten postoperative Standardversorgung und Frühmobilisation.	Multizentrischer, parallelgruppiger RCT mit Intention-to-treat-Analyse, verdeckter Zuteilung und teilweise verblindeten Outcomes. Outcomes bis Tag 28/Entlassung: Fieber, Antibiotikadauer, Krankenhausaufenthalt, Leukozyten, unerwünschte Ereignisse/Kosten.	Fieber trat seltener in der OPEP-Gruppe auf (22 % vs. 42 %; RR 0,56; NNT 6). Krankenhausaufenthalt war kürzer (10,7 vs. 13,3 Tage; MD 2,6 Tage). Kein signifikanter Unterschied bei Antibiotika, Leukozyten oder Kosten. Schlussfolgerung: postoperatives OPEP kann Fieber und Aufenthaltsdauer reduzieren.

2. Atemtraining, Atemmuskeltraining und Atemregulation

Die Studien reichen von gerätegestütztem inspiratorischem und expiratorischem Muskeltraining bis zu Atemtechniken zur Dyspnoekontrolle und psychophysiologischen Regulation. Über viele Erkrankungsgruppen hinweg werden Zuwächse von P_{lmax}, MIP, P_Emax oder MEP beschrieben; Verbesserungen von Belastbarkeit, Dyspnoe, Fatigue oder Lebensqualität werden ebenfalls untersucht. Langsame und kontrollierte Atmung wird mit autonomen, stressbezogenen und emotionalen Endpunkten verknüpft. Ergänzend behandeln die Musik- und Klangstudien aktives Instrumentenspiel, professionell angeleitete Musiktherapie, Musikhören und Naturklänge in Bezug auf Atemmuskelfunktion, Rehabilitation, Schlaf, Stressregulation und Kognition.

2.1 Grundlagen, Methoden und Trainingsformen des Atemmuskeltrainings

Die Arbeiten behandeln Threshold- und flussresistives Training, normokapnische Hyperpnoe sowie kombinierte inspiratorisch-expiratorische Protokolle in gesunden, älteren und klinischen Populationen. Am konsistentesten werden Verbesserungen der inspiratorischen und teilweise expiratorischen Muskelkraft beschrieben; bei einzelnen Gruppen steigen zusätzlich Zwerchfelldicke, ventilatorische Leistungsparameter oder Gehstrecke.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
The Effects of 4-Week Respiratory Muscle Training on Cardiopulmonary Parameters and	Stavrou et al.	2025	28 männliche Patienten mit OSA; RMT n=14, CPAP n=14.	Vierwöchiges respiratorisches Muskeltraining versus CPAP. Genaue RMT-	Kleine vergleichende Interventionsstudie. Vor/nach: kardiopulmonale Belastungsparameter, Montreal Cognitive	In der RMT-Gruppe verbesserten sich Atemreserve, ausgewählte Belastungs-/Erholungsparameter, MoCA um 7 %, Aufmerksamkeit/Arbeitsgedächtnis um 13 % und PSQI um 22

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Cognitive Function in Male Patients with OSA. Applied Sciences. DOI: 10.3390/app15052532				Last und Randomisierung sind im RIS-Abstract nicht vollständig beschrieben.	Assessment und Pittsburgh Sleep Quality Index.	% CPAP verbesserte andere kognitive Domänen. Berichtet werden überwiegend innerhalb der Gruppen, keine robuste Überlegenheit zwischen Verfahren.
Effects of home-based telerehabilitation-assisted inspiratory muscle training in patients with idiopathic pulmonary fibrosis: A randomized controlled trial. Respirology. DOI: 10.1111/resp.14810	Aktan et al.	2024	28 Patient:innen mit idiopathischer Lungenfibrose; aktives IMT n=14, Widerstands-kontrolle n=14.	Tele-rehabilitationsgestütztes Heim-IMT zweimal täglich, 7 Tage/Woche über 8 Wochen. Aktiv 50 % Ausgangs-MIP mit Progression auf Borg 4–6; Kontrolle identische Übung ohne Widerstand.	Randomisierte kontrollierte Studie. Outcomes: Lungenfunktion, 6MWD, mMRC-Dyspnoe und MIP.	Aktives IMT reduzierte mMRC-Dyspnoe ($p<0,001$; $\eta^2=0,48$) und erhöhte 6MWD ($p<0,001$; $\eta^2=0,43$), MIP und MIP-%Soll gegenüber Kontrolle. Ein strukturiertes, fernbetreutes Heimprogramm kann inspiratorische Kraft und funktionelle Kapazität bei IPF verbessern.
The influence of low resistance respiratory muscle training on pulmonary function and high intensity exercise performance Journal of Exercise Science & Fitness 2024;22(3):179–186; DOI: 10.1016/j.jesf.2024.02.007	Al-Otaibi, Sartor & Kubis	2024	14 gesunde, körperlich aktive Erwachsene; randomisiert auf Atemmuskeltraining und Placebo-Training mit jeweils sieben Personen. Alle Teilnehmenden schlossen das sechswöchige Programm ab.	Sechs Wochen niedrig belastetes Atemmuskeltraining. In Woche 1 täglich 15 Minuten an fünf Tagen mit 10–25 % des maximalen Inspirationsdrucks; in den folgenden fünf Wochen zweimal 15 Minuten an fünf Tagen mit 30 % des maximalen Inspirationsdrucks. Die Placebogruppe nutzte denselben Zeitplan mit nahezu keinem zusätzlichen Atemwiderstand.	Randomisierte placebokontrollierte Prä-Post-Studie. Vor und nach dem Training wurden inspiratorische und expiratorische Atemmuskelfkraft, Atemmuskelausdauer, Spirometrie, maximale Sauerstoffaufnahme und Ausdauer bei 90 % der maximalen Leistung erfasst.	In der Trainingsgruppe stiegen P _{lmax} um 14 %, P _E max um 27 %, FVC um 3,6 %, VO ₂ max um 11 % und die Zeit bis zur Erschöpfung bei 90 % der Maximalleistung um 25 %; die Veränderungen waren signifikant. In der Placebogruppe wurden keine signifikanten Veränderungen beobachtet. Für FEV ₁ , maximale willkürliche Ventilation, Minutenventilation und Atemfrequenz ergaben sich keine signifikanten Gruppen-Zeit-Interaktionen. Die Autoren bewerteten niedrig belastetes Atemmuskeltraining als wirksamen Ansatz zur Steigerung von Atemmuskelfkraft, FVC und hochintensiver Ausdauerleistung.
Effects of a new respiratory muscle training device in community-dwelling elderly men: an open-label, randomized, non-inferiority trial. BMC Geriatrics. DOI: 10.1186/s12877-022-02828-8	Kim et al.	2022	80 aktive, selbstständig lebende ältere Männer, Durchschnittsalter 72,93 +/- 5,02 Jahre. Keine spezifische pulmonale Erkrankung; präventiv-funktioneller geriatrischer Kontext mit Fokus auf Atemmuskelfkraft und Trainingsadhärenz.	Neues kombiniertes IMT/PEP-Gerät versus Threshold IMT. Vierarmiges Setting: zentrumsbasiertes Training mit 16 betreuten Sitzungen oder heimübungs-basiertes Training mit 2 betreuten Sitzungen und eigenständigem Training. Alle Gruppen trainierten zweimal täglich über 8 Wochen.	Offene, randomisierte, multizentrische Nichtunterlegenheitsstudie. Primäre Outcomes: maximaler inspiratorischer und maximaler expiratorischer Druck. Sekundär: FVC, FEV ₁ , Peak Cough Flow, Zwerchfelldicke, VO ₂ peak, IPAQ, EMG-Aktivität, Skelettmuskelmasse und Phasenwinkel.	Maximaler inspiratorischer Druck verbesserte sich in allen Gruppen; maximaler expiratorischer Druck verbesserte sich nur in den IMT/PEP-Gruppen. Nichtunterlegenheit des neuen Geräts gegenüber Threshold IMT wurde bestätigt. Zwerchfelldicke verbesserte sich signifikant; andere sekundäre Outcomes zeigten keine konsistenten Verbesserungen. Adhärenz war hoch (91-99%) und zwischen Protokollen nicht signifikant verschieden.
Improving respiratory muscle strength and health status in burn patients: a randomized controlled	Abazarnjad et al.	2022 (online 2021)	64 Patient:innen mit Verbrennungen, behandelt in einem Verbrennungszentrum;	POWERbreathe KH1 zweimal täglich über 10 Tage zusätzlich zur Routineversorgung	Randomisierte kontrollierte Studie. Outcomes: Atemmuskelfkraft und gesundheitsbezogener Status.	Nach 10 Tagen betrug der Atemmuskelfkraft-Score 49,2±11,8 gegenüber 39,3±8,5 in der Kontrolle ($p<0,001$);

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
trial. Quality of Life Research. DOI: 10.1007/s11136-021-02996-x			Fokus auf pulmonales Risiko, insbesondere bei Thoraxbeteiligung.	versus Thoraxphysiotherapie plus Incentive-Spirometrie.		Gesundheitsstatus 75,9±14,1 versus 66,7±15,9 (p=0,019). Kurzfristiger Nutzen für Kraft und Status.
Inspiratory Muscle Training in Obstructive Sleep Apnea Associating Diabetic Peripheral Neuropathy: A Randomized Control Study. BioMed Research International. DOI: 10.1155/2020/5036585	Moawd et al.	2020	55 Patient:innen mit diabetischer Polyneuropathie und obstruktiver Schlafapnoe; IMT n=28, Placebo n=27.	Elektronisches IMT 30 Minuten pro Einheit, dreimal/Woche über 12 Wochen versus Placebo-Training.	Randomisierte kontrollierte Studie. Outcomes: inspiratorische Muskelkraft, Lungenfunktion sowie aerobe Kapazität und weitere kardiopulmonale Belastungsparameter.	Inspiratorische Kraft sowie VO2max und VCO2max verbesserten sich in der aktiven Gruppe, nicht unter Placebo. Lungenfunktion und übrige Belastungsparameter änderten sich nicht signifikant. IMT stärkte Atemmuskulatur und ausgewählte aerobe Parameter, ohne strukturelle Spirometrieeffekte.
The effects of threshold inspiratory muscle training in patients with obstructive sleep apnea: a randomized experimental study. Sleep and Breathing. DOI: 10.1007/s11325-019-01862-y	Lin et al.	2020 (online 2019)	22 Patient:innen mit moderater bis schwerer OSA; Threshold-IMT n=16, Kontrollgruppe n=6.	Häusliches Threshold-IMT 30–45 Minuten/Tag, 5 Tage/Woche über 12 Wochen.	Randomisierte experimentelle Studie mit AHI, Epworth Sleepiness Scale, FVC und Polysomnographie. Zusätzlich Responderanalyse innerhalb der IMT-Gruppe.	AHI sank um 6 %, ESS um 20,2 % und FVC stieg um 7,2 %. 9 von 16 Trainierten waren AHI-Responder; ein Ausgangs-AHI ≤ 29 /h sagte Response mit 77,8 % Sensitivität und 85,7 % Spezifität voraus.
Effects of Inspiratory Muscle Training in Older Adults. Respiratory Care. DOI: 10.4187/respcare.06945	Seixas et al.	2020 (online 2019)	7 randomisierte Studien mit 248 Personen ab 60 Jahren.	IMT über 4–8 Wochen, meist 5–7 Tage/Woche, mit Intensitäten zwischen 30 und 80 % PImax.	Systematischer Review nach PRISMA mit PEDro-Qualitätsbewertung. Ziel: respiratorische, körperliche und funktionelle Effekte sowie typische Trainingsprotokolle bei älteren Menschen zusammenfassen.	Positive Tendenz für höhere inspiratorische Muskelkraft und größere Zwerchfelldicke. Für Belastbarkeit, Funktion, autonome Kontrolle und Lebensqualität war die Evidenz unzureichend. Protokolle waren stark heterogen. Üblich waren Satz-/Wiederholungsprogramme mit leichter bis mittlerer Intensität an den meisten Wochentagen über mindestens 4 Wochen.
Effectiveness of inspiratory muscle training on sleep and functional capacity to exercise in obstructive sleep apnea: a randomized controlled trial. Sleep and Breathing. DOI: 10.1007/s11325-017-1591-5	Souza et al.	2018 (online 2017)	16 Personen mit obstruktiver Schlafapnoe; aktives IMT n=8, Placebo-IMT n=8.	12 Wochen, insgesamt 30 Minuten täglich an 7 Tagen/Woche, verteilt auf zwei Einheiten; aktive Last 50–60 % MIP, Placebo <20 % MIP.	Kontrollierte, randomisierte, doppelblinde Studie. Outcomes: Lungenfunktion, Atemmuskulaturkraft, VO2max, weitere kardiometabolische Variablen, Schlafqualität und Tagesschläfrigkeit.	Aktives IMT verbesserte die Schlafqualität gegenüber Placebo (PSQI-Differenz 3,7 Punkte; p=0,02). Keine signifikanten Gruppenunterschiede für Lungenfunktion, MIP, VO2max, sonstige Belastungsparameter oder Tagesschläfrigkeit.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
The effects of inspiratory muscle training based on the perceptions of patients with advanced lung disease: a qualitative study. Brazilian Journal of Physical Therapy. DOI: 10.1016/j.bjpt.2017.12.003	Hoffman et al.	2018	10 Patient:innen mit fortgeschrittener Lungenerkrankung und inspiratorischer Schwäche: 5 COPD, 2 Bronchiektasen, 3 Lungenfibrose; Alter 27–89 Jahre.	Inspiratorisches Muskeltraining; alle absolvierten mindestens 80 % der vorgesehenen Sitzungen.	Qualitative Studie mit halbstrukturierten Interviews und thematischer Inhaltsanalyse zu wahrgenommenen Veränderungen im Alltag.	Vier Themen: weniger Atemnot, verbesserte Alltagsaktivitäten, größere Mobilität und bessere Kommunikation/Stimmkraft; auch psychologische und soziale Vorteile wurden beschrieben.
Vibrating Platform Training Improves Respiratory Muscle Strength, Quality of Life, and Inspiratory Capacity in the Elderly Adults: A Randomized Controlled Trial. Journal of Gerontology: Medical Sciences	Pessoa et al.	2017 (online 2016)	28 gesunde ältere Erwachsene, randomisiert in drei Gruppen: Resistance (n = 9), WBV (n = 9) und WBV + Resistance (n = 10). Kein spezifisches Lungenkrankheitskollektiv, aber altersbedingte Abnahme von Atemmuskulatur und thorakoabdominaler Ventilation als Zielproblem.	3 Monate Training, zweimal pro Woche. Gruppen erhielten Widerstandstraining, Whole-Body-Vibration bzw. kombinierte WBV-plus-Widerstandsübungen. WBV erfolgte über eine Vibrationsplattform; die respiratorischen Effekte wurden als systemische Trainingswirkung untersucht.	Kontrollierte, randomisierte, doppelblinde klinische Studie. Ziel: Effekte von WBV auf Atemmuskulatur, thorakoabdominale Volumenverteilung und gesundheitsbezogene Lebensqualität bei älteren Erwachsenen untersuchen. Outcomes: maximaler inspiratorischer und expiratorischer Druck (MIP/MEP), optoelektronische Plethysmographie und SF-36.	WBV und WBV + Resistance erhöhten MIP und MEP signifikant (p < 0,001). Während der inspiratorischen Kapazitätsmanöver stiegen das Gesamtvolumen der Thoraxwand sowie Volumina im pulmonalen und abdominalen Rippenkorb. Mehrere SF-36-Domänen verbesserten sich, darunter funktionelle Kapazität, körperliche Rollenfunktion, Energie, Schmerz und allgemeine Gesundheit. Schlussfolgerung: WBV kann bei gesunden älteren Erwachsenen Atemmuskulatur, inspiratorische Kapazität und Lebensqualität verbessern.
Effect of resistance training with vibration and compression on the formation of muscle and bone. Muscle & Nerve. DOI: 10.1002/mus.25560	Zinner et al.	2017 (online März; Heft Dezember)	12 Teilnehmende ohne spezifische Atemwegserkrankung; trainingsphysiologische Fragestellung zu Kraft, Muskeloxygenierung, Muskel-/Fettgewebe und Knochenstruktur. Kein respiratorischer Patientenkontext.	12-wöchiges Krafttraining mit lokaler Vibration an beiden Beinen (1-2 mm, 30 Hz). Zusätzlich wurde nur an einem Bein eine Kompression zur partiellen Blutflussrestriktion angewendet (ca. 35 mmHg), sodass Vibration allein mit Vibration plus Kompression verglichen werden konnte.	Kleine experimentelle Trainingsstudie mit intraindividuellem Vergleich zwischen Beinbedingungen. Ziel war die Analyse, ob Blutflussrestriktion durch Kompression in Kombination mit Vibration zusätzliche Effekte auf Maximalkraft, Ermüdungsresistenz, Muskeloxygenierung, Muskel-/Fettanteile und Knochenbildung erzeugt.	Sowohl Vibration allein als auch Vibration plus Kompression verbesserten die 1-Repetition-Maximum-Leistung und erhöhten die Zahl der Wiederholungen bis zur muskulären Erschöpfung. Zusätzlich wurden mehr kortikale Knochenmasse und niedrigere Oberschenkelmasse/Fettfraktion beschrieben; die Gesamtmuskelmasse änderte sich nicht. Spongiöse Knochenmasse nahm in beiden Bedingungen ähnlich ab.
Inspiratory Muscle Training Improves Sleep and Mitigates Cardiovascular Dysfunction in Obstructive Sleep Apnea. Sleep. DOI: 10.5665/sleep.5826	Vranish et al.	2016	24 Erwachsene mit leichter bis schwerer obstruktiver Schlafapnoe.	Inspiratorisches Muskelkrafttraining oder Placebo, jeweils 5 Minuten täglich über 6 Wochen.	Placebo-kontrollierte, einfach verblindete Studie mit Polysomnographie. Outcomes: Blutdruck, Katecholamine, nächtliche Arousals, subjektive Schlafqualität und Apnoe-Hypopnoe-Index.	IMST senkte systolischen/diastolischen Blutdruck um 12,3/5,0 mmHg, reduzierte Noradrenalin, verringerte Arousals und verbesserte PSQI. Der AHI blieb unverändert. IMST kann damit kardiovaskuläre und subjektive Begleitfolgen modulieren, behandelt aber die obstruktiven Atemereignisse selbst nicht und ersetzt keine wirksame OSA-Therapie.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Inspiratory muscle training in addition to physical exercise for idiopathic pulmonary fibrosis European Respiratory Society Congress Abstract OA1518; DOI: 10.1183/13993003.congress-2016.OA1518	Nykvist, Sköld, Ferrara & Faager	2016	24 Patient:innen mit idiopathischer pulmonaler Fibrose, nicht COPD; 14 erhielten IMT und 10 Sham-IMT während eines 8-wöchigen körperlichen Trainingsprogramms.	Inspiratorisches Muskeltraining zusätzlich zu körperlichem Training im Vergleich zu Sham-IMT plus körperlichem Training über 8 Wochen.	Randomisierte kontrollierte Studie, lediglich als Kongressabstract veröffentlicht; untersucht wurden 6-Minuten-Gehstrecke, P _{lmax} , P _{Emax} , mMRC-Dyspnoe, Lungenfunktion und CRQ-SAS einschließlich Dyspnoe-, Fatigue- und Gesamtscore.	Die IMT-Gruppe verbesserte die 6-Minuten-Gehstrecke von 466 ± 66 auf 513 ± 102 m, P _{lmax} von 90 ± 24 auf 112 ± 29 cmH ₂ O und P _{Emax} von 109 ± 27 auf 121 ± 37 cmH ₂ O. Gegenüber der Kontrollgruppe zeigte sich eine stärkere Verbesserung der CRQ-Dyspnoe; Fatigue und Gesamtscore verbesserten sich innerhalb der IMT-Gruppe.
Atemmuskultraining: State-of-the-Art. Pneumologie. DOI: 10.1055/s-0041-109312	Göhl et al.	2016	Keine eigene Population; umfasst neuromuskuläre, interstitielle, kardiovaskuläre und obstruktive Erkrankungen sowie Beatmungsentwöhnung.	Drei Hauptformen: flussresistives Training, Druck-Threshold-Training und normokapnische Hyperpnoe; gerätespezifische Auswahl und individuelle Belastungssteuerung.	State-of-the-Art-Review. Ziel: physiologische Grundlagen, Diagnostik, Indikationen, Geräte-/Methodeneigenschaften und praktische Durchführung des Atemmuskultrainings zusammenzufassen.	Vor Beginn werden spezifische Atemmuskeldiagnostik, individuelle Einweisung, Verlaufskontrolle und methodengerechte Progression gefordert. Die Verfahren sind nicht austauschbar und adressieren unterschiedliche Kraft-/Ausdauerkomponenten.
Inspiratory Muscle Training Affects Proprioceptive Use and Low Back Pain. Medicine & Science in Sports & Exercise. DOI: 10.1249/mss.0000000000000385	JANSSENS et al.	2015	28 Personen mit unspezifischem Kreuzschmerz, randomisiert zu hoch- oder niedrigintensivem IMT.	Achtwöchiges hochintensives versus niedrigintensives IMT.	Randomisierte Vergleichsstudie. Propriozeptive Gewichtung im Stand wurde anhand der Körperschwerpunktreaktion auf Vibration von Sprunggelenk- und Rückenmuskulatur untersucht; sekundär MIP, Schmerz und Behinderung.	Nach hochintensivem IMT stärkere Nutzung propriozeptiver Signale aus dem Rücken, höhere inspiratorische Kraft und geringere Schmerzintensität; unter niedrigintensivem IMT keine entsprechenden Veränderungen. Behinderung unverändert. Potenzieller rehabilitativer Effekt auf Rumpfkontrolle und Schmerz.
Inspiratory muscle training with threshold or incentive spirometry: Which is the most effective?. Revista Portuguesa de Pneumologia (English Edition). DOI: 10.1016/j.rppnen.2014.05.005	Paiva et al.	2015	40 gesunde Frauen; Kontrolle n=14, Incentive-Spirometrie n=13, Threshold-IMT n=13.	30 Tage Training mit Threshold IMT oder volumenorientierter Incentive-Spirometrie (Voldyne); unbehandelte Kontrolle.	Randomisierte Vergleichsstudie. P _{lmax} wurde vor Training sowie nach 15 und 30 Tagen gemessen.	Beide aktiven Verfahren erhöhten P _{lmax} nach 15 und 30 Tagen. Nach 30 Tagen war P _{lmax} in der Threshold-Gruppe höher als in Incentive- und Kontrollgruppe. Threshold-Loading war für Kraftzuwachs überlegen.
The Effects of Inspiratory Muscle Training in Older Adults. Medicine & Science in Sports & Exercise. DOI: 10.1249/mss.0000000000000474	MILLS et al.	2015	34 gesunde ältere Erwachsene, 68±3 Jahre, mit normaler Spirometrie, normaler Atemmuskulskraft und körperlicher Fitness; je 17 pro Gruppe.	Achtwöchiges Druck-Threshold-IMT versus Sham-Hypoxie-Placebo.	Randomisierte kontrollierte Studie. Umfassende Outcomes: dynamische Atemmuskelfunktion/-ausdauer, Ultraschall-Zwerchfelldicke, Zytokine, DNA-Schaden,	IMT erhöhte MIP um 34 %, Zwerchfelldicke bei Residualvolumen um 38 % und Peak Inspiratory Flow um 35 %. Keine Effekte auf übrige Spirometrie, Ausdauer, Entzündung, oxidativen DNA-Schaden, 6MWD, Aktivität oder QoL.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
					Spirometrie, 6MWD, Aktivität und Lebensqualität.	
Effects of Inspiratory Muscle Training in Elderly Women on Respiratory Muscle Strength, Diaphragm Thickness and Mobility. The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences. DOI: 10.1093/gerona/glu182	Souza et al.	2014	22 ältere Frauen, randomisiert in Trainings- und Sham-Kontrollgruppe.	Achtwöchiges IMT mittlerer Intensität versus Sham-Protokoll.	Kontrollierte, randomisierte, doppelblinde Studie. Gemessen wurden P _{lmax} , P _{Emax} sowie sonografisch Zwerchfelldicke und -beweglichkeit.	In der Trainingsgruppe stiegen P _{lmax} um 37 %, P _{Emax} um 13 %, Zwerchfelldicke um 11 % und Mobilität um 9 %; alle Werte waren nach Training signifikant höher als in der Kontrolle. IMT kann altersassoziierte Atemmuskelveränderungen günstig beeinflussen.
Aktivierung der Atemmuskulatur durch spezifisches Atemmuskeltraining - Quantifizierung durch EMG. Inaugural-Dissertation, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Quelle: https://www.researchgate.net/publication/279846435_Aktivierung_der_Atemmuskulatur_durchspezifisches_Atemmuskeltraining_-_Quantifizierung_durch_EMG	Pietsch	2014	41 gesunde Proband:innen; zusätzlicher Teilversuch mit 10 Personen für einen Vergleich bei identischen Munddrücken.	POWERbreathe (inspiratory pressure-threshold loading; 80 % P _{lmax}), Respikit im Ausdauer- und Kraftmodus sowie SpiroTiger für willkürliche isokapnische Hyperpnoe.	Experimentelle Pilot-/Dissertationsstudie. Oberflächen-EMG von Zwerchfell, parasternaler Interkostalmuskulatur und M. sternocleidomastoideus während verschiedener Trainingsmanöver; Vergleich von Methoden und Druckstufen.	SpiroTiger und POWERbreathe aktivierten alle untersuchten Muskeln stärker als Respikit im Ausdauermodus. Die höchste Zwerchfellaktivierung wurde beim POWERbreathe beobachtet, gleichzeitig war aber auch die Atemhilfsmuskulatur stark aktiv. Bei gleichen Munddrücken verschwanden die Unterschiede zwischen den Geräten. Kein Verfahren zeigte eine selektive Zwerchfellrekrutierung; Belastungshöhe ist ein zentraler Erklärungsfaktor.
The effects of whole-body vibration on muscle strength and power: a meta-analysis. Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions.	Osawa, Oguma & Ishii	2013	Keine spezifische Erkrankung; Meta-Analyse randomisierter kontrollierter Studien zu Whole-Body-Vibration (WBV). Eingeschlossen: Studien mit mindestens 5 Wochen Dauer. Für Kniestreckerkraft wurden 314 Teilnehmende aus 10 Studien gepoolt, für Countermovement-Jump-Höhe 249 Teilnehmende aus 7 Studien.	Whole-Body-Vibration als alleinige Trainingsform oder Zusatz zu identischem konventionellem Training. Verglichen wurde Training mit WBV gegen Training ohne WBV bzw. WBV-Exposition gegen Kontrolle.	Meta-Analyse randomisierter kontrollierter Studien. Ziel: klären, ob längerfristige WBV additive Effekte auf Muskelkraft und muskuläre Leistung/Power gegenüber vergleichbaren Trainingsbedingungen ohne Vibration hat. Hinweis zur Datenqualität: Der Abstract im RIS-Eintrag passte inhaltlich nicht zum Titel und wurde deshalb nicht übernommen; die Tabelleninhalte beruhen auf	WBV zeigte signifikante additive Effekte auf Kniestreckerkraft (standardisierte mittlere Differenz SMD = 0,76; 95%-KI 0,21-1,32; p = 0,007) und Countermovement-Jump-Höhe (SMD = 0,87; 95%-KI 0,29-1,46; p = 0,003). Schlussfolgerung: WBV kann Muskelkraft und Sprungleistung stärker verbessern als vergleichbare Bedingungen ohne WBV.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
					den bibliografisch passenden Angaben der Studie.	
Benefits of combining inspiratory muscle with 'whole muscle' training in children with cystic fibrosis: a randomised controlled trial. British Journal of Sports Medicine. DOI: 10.1136/bjsports-2012-091892	Santana-Sosa et al.	2013	20 Kinder mit Mukoviszidose, initial je 10 pro Gruppe (Intervention 6 Jungen); Alter etwa 10–11 Jahre.	8 Wochen kombiniertes Programm aus IMT zweimal täglich plus überwachten aeroben und Kraftübungen an 3 Tagen/Woche; anschließend 4 Wochen Detraining. Kontrolle: Standardtherapie.	Randomisierte kontrollierte Studie mit Messungen zu Beginn, nach Training und nach Detraining. Outcomes: P _{lmax} , VO _{2peak} , Kraft, Körperzusammensetzung und weitere Gesundheitsparameter.	Adhärenz 97,5 %. Signifikante Gruppen-Zeit-Effekte für P _{lmax} , VO _{2peak} , Bein-/Bankdruck- und Ruderleistung sowie Körperfett und fettfreie Masse. P _{lmax} und Beinpresse blieben nach Detraining verbessert. Das kombinierte Programm war wirksam, der eigenständige Anteil des IMT kann wegen der gleichzeitigen Ganzkörperintervention jedoch nicht getrennt werden.
Effect of Respiratory Muscle Training on Exercise Performance in Healthy Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. Sports Medicine. DOI: 10.1007/bf03262290	Illi et al.	2012	Gesunde, sportlich unterschiedlich trainierte Personen. Regressionsanalyse aus 46 Originalstudien; quantitative Meta-Analyse aus 8 kontrollierten Studien.	Respiratorisches Muskeltraining als inspiratorisches Krafttraining, kombiniertes inspiratorisch-expiratorisches Krafttraining oder Ausdauertraining mittels normokapnischer Hyperpnoe.	Systematischer Review mit Meta-Analyse und multipler Regression. Untersucht wurden Einflussfaktoren auf die Veränderung der Ausdauerleistung: Ausgangsfitness, Trainingsart, Sportart, Testformat und Testdauer.	RMT verbesserte die Ausdauerleistung; weniger gut Trainierte profitierten stärker. Inspiratorisches Kraft- und Atemmuskelausdauertraining unterschieden sich nicht signifikant. Kombiniertes inspiratorisch-expiratorisches Training erschien überlegen (+12,8 %), beruhte aber nur auf 6 Studien. Effekte wurden besonders in Konstantlast- und intermittierenden Stufentests sichtbar, nicht zuverlässig in konventionellen Maximalstufentests.
Effect of Inspiratory Muscle Training Intensities on Pulmonary Function and Work Capacity in People Who Are Healthy: A Randomized Controlled Trial. Physical Therapy. DOI: 10.2522/ptj.20090413	Enright et al.	2011	40 gesunde Erwachsene, mittleres Alter 21,7 Jahre; vier Gruppen mit je n=10.	8 Wochen IMT an 3 Tagen/Woche bei 80 %, 60 % oder 40 % der maximal aufrechterhaltbaren inspiratorischen Anstrengung; unbehandelte Kontrollgruppe.	Randomisierte kontrollierte Laborstudie. Outcomes: MIP, sustained MIP, Vitalkapazität, totale Lungenkapazität, Arbeitsdauer und Leistung.	Alle Trainingsintensitäten erhöhten MIP und sustained MIP. Arbeitskapazität und Leistung stiegen nur bei 80 % und 60 %; VC und TLC ausschließlich bei 80 %. Kontrolle unverändert. Die Studie unterstützt eine Dosis-Wirkungs-Beziehung; bei 40 % wurden keine funktionellen Effekte nachgewiesen, wobei die Gruppe für kleinere Effekte möglicherweise unterpower war.
Effects of 8 weeks of vibration training at different frequencies (1 or 15 Hz) in senior sportsmen on torque and force development and of 1 year of training on muscle fibers. Neurological Research. DOI:	Kern et al.	2010	7 gesunde ältere, sportlich aktive Männer/Seniorensportler (mittleres Alter 69,0 +/- 5,4 Jahre); zusätzlich setzten 4 Teilnehmende ein einjähriges Krafttraining mit ergänzendem Vibrationstraining fort. Kein Erkrankungskollektiv.	8 Wochen Krafttraining der Kniestrecker mit vertikaler Vibration. Ein Bein wurde bei 1 Hz, das andere bei 15 Hz trainiert. Bei 4 Teilnehmenden folgte ein Jahr schweres Widerstandstraining mit zusätzlicher Vibrationseinheit alle zwei Wochen; anschließend Muskelbiopsien des M. quadriceps.	Kleine, kontrollierte, intraindividuelle Trainingsstudie plus explorativer Langzeit-Biopsieanteil. Ziel: Frequenzeffekte von 1 vs. 15 Hz auf isometrisches Drehmoment, Kraftentwicklung und mögliche Muskelstrukturveränderungen bzw. Sicherheit bei älteren Sportlern untersuchen.	Das isometrische Spitzendrehmoment stieg nach 8 Wochen bei beiden Frequenzen in allen getesteten Kniegelenkwinkeln signifikant. Zwischen 1 und 15 Hz bestanden keine klaren signifikanten Unterschiede; bei 1 Hz zeigte sich ein höherer prozentualer Zuwachs der Maximalleistung und ein Trend bei früher Kraftentwicklung. Nach 1 Jahr fanden sich hypertrophe Muskelfasern ohne Hinweise auf Muskelschädigung oder Denervations-/Reinnervationszeichen. Schlussfolgerung:

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
10.1179/016164110X12556180206310						Vibration kann Krafttraining bei trainierten Senioren sicher ergänzen; Übertragbarkeit auf untrainierte oder kranke Personen bleibt offen.
Vibration as an exercise modality: how it may work, and what its potential might be. European Journal of Applied Physiology. DOI: 10.1007/s00421-009-1303-3	Rittweger	2010 (online 2009)	Keine primäre Studienstichprobe; Übersichtsarbeit zu physiologischen Grundlagen, akuten Reaktionen und Trainingseffekten von Vibrationsexposition und Whole-Body-Vibration in Sport und Medizin.	Vibration als Trainingsmodalität, einschließlich isolierter Sehnen-/Muskelvibration und Whole-Body-Vibration-Exercise. Behandelt werden erzwungene Oszillationen, neuromuskuläre Aktivierung, Warm-up-Effekte, mögliche Anpassungen von Muskel, Knochen und Gleichgewicht.	Narrativer/geladener Review mit physiologischer Herleitung. Ziel: erklären, wie Vibration mechanisch und biologisch wirken kann und welche klinischen oder sportmedizinischen Einsatzfelder plausibel erscheinen.	Akute Vibration kann spezifische Warm-up-Effekte auslösen; längerfristiges Vibrationstraining scheint Muskelpower und Gleichgewicht in bestimmten Gruppen zu verbessern, etwa bei sturzgefährdeten älteren Menschen. Hinweise bestehen auch für Nutzen bei chronischem unteren Rückenschmerz und anderen Schmerzformen. Gleichzeitig bleibt unklar, ob Vibration gegenüber klassischem Widerstandstraining einen eindeutigen Zusatznutzen bietet.
Respiratory muscle training programs: impact on the functional autonomy of the elderly. Revista da Associação Médica Brasileira. DOI: 10.1590/s0104-42302010000600010	Fonseca et al.	2010	42 Bewohner:innen einer Langzeiteinrichtung; Threshold-Gruppe, Voldyne-Gruppe und Kontrollgruppe, mittleres Alter etwa 71–74 Jahre.	10 Wochen Atemübungen plus Threshold-Training oder Atemübungen plus Voldyne; Kontrolle nur Atemübungen.	Randomisierte klinische Studie. Funktionelle Autonomie wurde mit dem GDLAM-Protokoll und mehreren alltagsnahen Leistungstests vor/nach Training beurteilt.	Die Threshold-Gruppe verbesserte nahezu alle GDLAM-Tests und war bei mehreren Endpunkten der Kontrolle sowie teilweise Voldyne überlegen. Die Voldyne-Gruppe zeigte nur begrenzte Verbesserungen. Trotz relativer Fortschritte blieb der absolute Autonomieindex im Bereich „schwach“.
Respiratory muscle training improves swimming endurance in divers. European Journal of Applied Physiology. DOI: 10.1007/s00421-006-0359-6	Wylegala et al.	2007 (online 2006)	30 männliche Taucher, durchschnittlich 23,4 +/- 4,3 Jahre. Keine pulmonale Erkrankung; sportphysiologische Fragestellung unter erhöhter Atemarbeit durch hydrostatischen Druck und Atemwiderstand beim Unterwassertraining.	Drei 4-wöchige Trainingsprotokolle, 30 min/Tag, 5 Tage/Woche: Placebo-RMT mit 10-s-Atemanhalten einmal/min; Endurance-RMT mit isokapnischer Hyperpnoe; Resistance-RMT mit Vitalkapazitätsmanöver gegen 50 cmH2O Widerstand alle 30 s.	Randomisierte Interventionsstudie mit drei Trainingsgruppen. Ziel: prüfen, ob zwei respiratorische Muskeltrainingsformen die Atemfunktion und Schwimmleistung von Tauchern gegenüber Placebo verbessern.	Placebo zeigte keine signifikanten Veränderungen. Unterwasser- und Oberflächen-Ausdauer-Schwimmzeiten stiegen nach Resistance-RMT deutlich (66% bzw. 33%) und nach Endurance-RMT ebenfalls (26% bzw. 38%). Atemfrequenz unter Wasser sank nach Resistance-RMT, Atemzugvolumen stieg bei Resistance- und Endurance-RMT. Maximale inspiratorische und expiratorische Drücke stiegen nur nach Resistance-RMT signifikant. Schlussfolgerung: Atemmuskelermüdung limitiert Unterwasserleistung; gezieltes RMT, insbesondere Widerstandstraining, verbessert Atemmuskel- und Schwimmleistung.
The effects of respiratory muscle training on VO2 max, the	Amonette & Dupler	2002	12 Ausdauerathlet:innen bzw. wettkampforientierte Triathlet:innen und Marathonläufer:innen mit durchschnittlich	Inspiratorisches und expiratorisches Atemmuskeltraining mit pulmonalem Widerstandsgerät: 30 maximale Ein- und	Kleine kontrollierte Interventionsstudie. Ziel: Einfluss von inspiratorischem und expiratorischem Muskeltraining auf	Das Training führte zu signifikanten Anstiegen der maximalen Ventilation und des maximalen Atemzugvolumens; die Atemfrequenz bei maximaler Belastung sank, jedoch nicht

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
ventilatory threshold and pulmonary function. JEPonline.			7,5 Stunden wöchentlichem aeroben Training. Acht wurden einer pulmonalen Widerstands-Trainingsgruppe zugeteilt, vier einer Sham-Kontrolle.	Ausatmungsmanöver zweimal täglich über 4 Wochen. Sham-Gerät erlaubte höchstens ca. 15% Widerstand während Inspiration/Expiration.	Lungenfunktionsparameter (FVC, FEV1, FEV1/FVC, FIVC, PIFR, PEFr), Peak-Exhalation-Force und spirometrische Variablen (VO2max, VCO2, VT, VE, ventilatory threshold, Atemfrequenz) prüfen.	signifikant. VO2max und gemessene Lungenfunktionsparameter änderten sich nicht signifikant. Schlussfolgerung: RMT kann ventilatorische Muster bei hoher Belastung beeinflussen, ohne in dieser kleinen Stichprobe VO2max oder Spirometrie zu verbessern.
Effects of respiratory muscle training versus placebo on endurance exercise performance. Respiration Physiology. DOI: 10.1016/s0034-5687(01)00250-x	Sonetti et al.	2001	17 wettkampforientierte männliche Radfahrer; RMT n=9, Placebo n=8.	5 Wochen/25 Einheiten mit inspiratorischem Widerstands-Krafttraining (3–5 min) plus Hyperpnoe-Ausdauertraining (30 min), verglichen mit einem Sham-Hypoxietrainer.	Placebo-kontrollierte Trainingsstudie mit Konstantlasttest, VO2max-Stufentest und reproduzierbarem 8-km-Zeitfahren.	MIP stieg in der RMT-Gruppe um 8 %. Das Zeitfahren verbesserte sich innerhalb der RMT-Gruppe um 1,8 %, aber Unterschiede zwischen RMT und Placebo waren in keinem Leistungstest signifikant. Beide Gruppen verbesserten Konstantlast- und Spitzenleistung. Ergebnis unterstreicht starke Placebo- und Familiarisierungseffekte bei willkürabhängigen Leistungstests.

2.2 Atemmuskeltraining bei COPD

Bei COPD wird Atemmuskeltraining vor allem zur Behandlung inspiratorischer Muskelschwäche, Dyspnoe und eingeschränkter Belastbarkeit untersucht. Systematische Reviews und zahlreiche kontrollierte Studien zeigen konsistente Zuwächse von P_{lmax}/MIP; häufig werden auch bessere Gehstrecken, weniger Dyspnoe und eine günstigere Lebensqualität berichtet. Expiratorisches oder kombiniertes Training kann zusätzlich P_{Emax}/MEP erhöhen.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Smartphone application-based pulmonary rehabilitation in COPD: a multicentre randomised controlled trial Thorax; online 2024, Print 2025;80(4):209–217; DOI: 10.1136/thorax-2024-221803	Gloeckl et al.	2024 online / 2025 Print	278 Patient:innen mit COPD aus 18 Zentren in Deutschland und der Schweiz; medianes Alter 65 Jahre, medianes FEV1 48 % des Solls.	Vollautomatisierte interaktive Smartphone-App über 12 Wochen mit individualisiertem Training, Schulungsinhalten und atemtherapeutischen Komponenten; Vergleichsgruppe mit erweiterter Standardversorgung.	Multizentrische randomisierte kontrollierte Studie; primär beziehungsweise zentral bewertet wurden Lebensqualität beziehungsweise Symptommelast mit dem COPD Assessment Test und funktionelle Belastbarkeit mit dem 1-Minuten-Sit-to-Stand-	Nach 12 Wochen verbesserte sich der CAT median um 4 Punkte in der App-Gruppe und um 3 Punkte in der Kontrolle; der Gruppenunterschied war nicht signifikant. Der 1-Minuten-Sit-to-Stand-Test verbesserte sich um 1 gegenüber 2 Wiederholungen, ebenfalls ohne signifikanten Gruppenunterschied. Innerhalb der App-Gruppe verbesserten

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
					Test. Zusätzlich wurde die App-Adhärenz analysiert.	adhärente Nutzer:innen die Belastbarkeit stärker als nicht adhärente Nutzer:innen; Sicherheitsprobleme traten nicht auf.
Gegenüberstellung der Wirksamkeit der pneumologischen Rehabilitation bei COPD Patient:innen mit einer akuten Exazerbation und COPD Patient:innen ohne eine Exazerbation im Rahmen des Rehabilitationsaufenthaltes Dissertation, Philipps-Universität Marburg; bibliografischer Datensatz ohne Abstract in der RIS-Datei	Dannehl, Johanna	2024	Aus dem Titel ergibt sich ein Vergleich von COPD-Patient:innen mit akuter Exazerbation während beziehungsweise im Kontext des Rehabilitationsaufenthaltes und COPD-Patient:innen ohne Exazerbation. Teilnehmerzahl, Rekrutierungszeitraum, COPD-Schweregrad und weitere Einschlusskriterien sind im RIS-Datensatz nicht angegeben.	Pneumologische Rehabilitation; konkrete Programmbestandteile, Dauer und gegebenenfalls Unterschiede zwischen den Gruppen sind im RIS-Datensatz nicht dokumentiert.	Dissertation mit vergleichender Fragestellung zur Wirksamkeit pneumologischer Rehabilitation bei exazerbierten und nicht exazerbierten COPD-Patient:innen. Der RIS-Eintrag enthält weder Abstract noch Methodendetails; eine belastbare Einordnung als retrospektive, prospektive oder kontrollierte Untersuchung ist allein anhand der bereitgestellten Datei nicht möglich.	Der RIS-Datensatz enthält keine Ergebnisse oder Schlussfolgerungen. Daher werden keine Wirkungen, Gruppenunterschiede oder Zahlenwerte ergänzt.
Effect of inspiratory muscle training on dyspnea-related kinesiophobia in chronic obstructive pulmonary disease: A randomized controlled trial Complementary Therapies in Clinical Practice, 44, 101418, 2021; DOI: 10.1016/j.ctcp.2021.101418	Saka et al.	2021	40 Personen mit COPD, randomisiert auf echtes oder Sham-inspiratorisches Muskeltraining.	Inspiratorisches Muskeltraining versus Scheintraining; genaue Dosierung ist im RIS-Abstract nicht vollständig angegeben.	Randomisierte kontrollierte Studie zur Wirkung auf dyspnoebezogene Kinesiophobie, Dyspnoe, Lungenfunktion, Atemmuskulaturkraft und Sechs-Minuten-Gehtest.	Das echte IMT reduzierte dyspnoebezogene Bewegungsangst und verbesserte Dyspnoe, Atemmuskulaturkraft, Belastbarkeit und mehrere Lungenfunktionsparameter.
Effects of Inspiratory Muscle Training by Using Breather	Shaikh et al.	2019	30 Männer und Frauen im Alter von 45–65 Jahren mit COPD Grad I–II; Gruppe A und	Gruppe A erhielt Breather-Training mit inspiratorischer und expiratorischer	Kontrollierte Zwei-Gruppen-Studie; Randomisierung und Verblindung werden	Plmax nahm in der Breather-Gruppe von $57,66 \pm 7,76$ auf $75,33 \pm 9,90$ cmH ₂ O zu; in der Vergleichsgruppe von $56,0 \pm$

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Device in Participants with Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) International Journal of Health Sciences & Research 2019;9(4):68–75			Gruppe B umfassten jeweils 15 Personen. Hämodynamisch instabile Personen sowie Patient:innen mit weiteren kardiorespiratorischen oder neurologischen Erkrankungen wurden ausgeschlossen.	Widerstandseinstellung zusätzlich zur Zwerchfellatmung; Gruppe B führte nur Zwerchfellatmung aus. Die Intervention erfolgte zweimal täglich über 2 Wochen für jeweils 15–20 Minuten; am Breather wurden zwei Serien mit je 10 kräftigen Ein- und Ausatmungen durchgeführt.	nicht eindeutig beschrieben. Primäre Zielgrößen waren maximale inspiratorische Druckkraft und 6-Minuten-Gehstrecke vor und nach der Intervention.	6,32 auf 60,0 ± 7,07 cmH ₂ O. Die mittlere Verbesserung betrug 17,66 ± 5,30 gegenüber 4,33 ± 3,20 cmH ₂ O. Die 6-Minuten-Gehstrecke verbesserte sich um 54,73 ± 4,43 gegenüber 35,4 ± 4,94 m.
High-Frequency Airway Oscillating Device for Respiratory Muscle Training in Subjects With COPD. Respiratory Care. DOI: 10.4187/respcare.05837	Daynes et al.	2018 (online März; Heft Mai)	23 symptomatische Patient:innen mit gesicherter COPD; Einschluss u. a. Medical Research Council Dyspnoe Score >= 3 und FEV1/FVC < 0,70. Mittelwerte: 65,2% Männer, Alter 65 +/- 5,03 Jahre, FEV1 43,9 +/- 16% des Solls, FEV1/FVC 0,46 +/- 0,13, medianer MRC 4 [3-5]. Patient:innen mit pulmonaler Rehabilitation in den letzten 6 Monaten wurden ausgeschlossen.	High-frequency airway oscillating device (HFAO) als atemmuskeltrainierendes Gerät mit Atemwiderstand und hochfrequenter Oszillation. Anwendung: 8 Wochen, dreimal täglich. Zielmechanismus: Training inspiratorischer und expiratorischer Atemmuskulatur sowie mögliche Reduktion der Dyspnoe.	Machbarkeits-/Pilotstudie mit Prä-Post-Design ohne Kontrollgruppe. Ziel war, Rekrutierung, Retention und Studiendesign für eine spätere randomisierte kontrollierte Wirksamkeitsstudie zu prüfen. Outcomes: MRC-Dyspnoe, PEmax, PImax, Incremental Shuttle Walk Test (ISWT) und Endurance Shuttle Walk Test (ESWT).	Die Dyspnoe verbesserte sich signifikant von MRC 4 auf 3 (p = 0,003). PEmax (p < 0,008) und PImax (p = 0,044) verbesserten sich ebenfalls signifikant. Für ISWT und ESWT wurden keine signifikanten Veränderungen beobachtet..
Inspiratory muscle training reduces diaphragm activation and dyspnea during exercise in COPD Journal of Applied Physiology 2018;125(2):381–392; DOI: 10.1152/jappphysiol.01078.2017	Langer et al.	2018	20 Patient:innen mit COPD, belastungsabhängiger Dyspnoe und niedriger inspiratorischer Druckkraft; FEV1 47 ± 19 % des Solls und PImax 59 ± 14 cmH ₂ O; 10 Personen je IMT- und Sham-Gruppe.	Kontrolliertes, häusliches und teilweise supervidiertes IMT über 8 Wochen im Vergleich zu Sham-Training.	Randomisierte mechanistische Studie; untersucht wurden inspiratorische Muskelkraft und -ausdauer, Dyspnoe, Ausdauerzeit bei konstanter Fahrradergometerlast, Atemmechanik, Betriebs-Lungenvolumina und Zwerchfell-Elektromyografie relativ zum Maximum.	IMT führte gegenüber Sham zu größeren Verbesserungen von inspiratorischer Kraft, Ausdauer, Belastungsdyspnoe und Belastungsdauer. Die relative Zwerchfellaktivierung während der Belastung nahm ab, obwohl Ventilation, Atemmuster, inspiratorische Drücke und Betriebs-Lungenvolumina unverändert blieben. Dies spricht dafür, dass eine geringere relative neurale Beanspruchung des Zwerchfells zur Dyspnoe-Linderung beiträgt.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
High-Frequency Airway Oscillating Device for Respiratory Muscle Training in Subjects With COPD Respiratory Care 2018;63(5):584–590; DOI: 10.4187/respcare.05837	Daynes, Greening, Harvey-Dunstan & Singh	2018	23 symptomatische Patient:innen mit COPD; 65,2 % männlich; mittleres Alter 65 ± 5 Jahre; FEV1 43,9 ± 16 % des Solls; FEV1/FVC 0,46 ± 0,13; medianer MRC-Dyspnoegrad 4. Personen mit pneumologischer Rehabilitation in den vorausgegangenen 6 Monaten wurden ausgeschlossen.	Hochfrequentes oszillierendes Atemwegsgerät dreimal täglich über 8 Wochen.	Einarmige Machbarkeitsstudie ohne Kontrollgruppe; Ziel war die Beurteilung von Rekrutierung, Retention und geeigneten Endpunkten für eine spätere Wirksamkeitsstudie. Erfasst wurden MRC-Dyspnoe, P _{lmax} , P _{Emax} , inkrementeller Shuttle-Walk-Test und Endurance-Shuttle-Walk-Test.	Der MRC-Wert sank signifikant von median 4 auf 3; P _{lmax} und P _{Emax} verbesserten sich ebenfalls signifikant. Für den inkrementellen und den Ausdauer-Shuttle-Walk-Test wurden keine signifikanten Veränderungen gefunden.
Inspiratory muscle training does not improve clinical outcomes in 3-week COPD rehabilitation: results from a randomised controlled trial European Respiratory Journal 2018;51(1):1702000; DOI: 10.1183/13993003.02000-2017	Schultz et al.	2018	611 Patient:innen mit COPD GOLD II–IV in einer 3-wöchigen stationären pneumologischen Rehabilitation; 602 wurden nach Intention-to-treat ausgewertet; 300 erhielten intensives IMT und 302 Sham-IMT.	Hochintensives inspiratorisches Muskeltraining zusätzlich zur standardisierten stationären Rehabilitation; Kontrollintervention war Sham-IMT bei ansonsten gleicher Rehabilitation.	Große randomisierte kontrollierte RIMTCORE-Studie; primärer Endpunkt war P _{lmax} , sekundäre Endpunkte waren 6-Minuten-Gehstrecke, Dyspnoe, Lebensqualität und Lungenfunktion vor und nach der Rehabilitation.	Die IMT-Gruppe zeigte gegenüber Sham größere Verbesserungen von P _{lmax} und forciertem inspiratorischem Volumen in 1 Sekunde. Belastbarkeit, Dyspnoe, Lebensqualität und weitere klinische Outcomes verbesserten sich in beiden Gruppen durch die Rehabilitation, ohne zusätzlichen Gruppenunterschied. Damit erhöht IMT in diesem kurzen Rehabilitationssetting zwar die inspiratorische Muskelkraft, rechtfertigt aber keine generelle Add-on-Empfehlung zur Verbesserung klinischer Outcomes.
Effects of inspiratory muscle training in COPD patients: A systematic review and meta-analysis. The Clinical Respiratory Journal. DOI: 10.1111/crj.12905	Beaumont et al.	2018	43 Studien im systematischen Review; 37 Studien in der Meta-Analyse. Insgesamt 642 COPD-Patient:innen in den Trainingsgruppen.	Spezifisches IMT mit Threshold-Geräten, allein oder zusätzlich zu pulmonaler Rehabilitation.	Systematischer Review und Meta-Analyse. Untersucht wurden Dyspnoe, Lebensqualität, Belastbarkeit und inspiratorische Muskelkraft sowie der Zusatznutzen innerhalb pulmonaler Rehabilitation.	IMT verbesserte P _{lmax} , 6-Minuten-Gehstrecke und SGRQ und reduzierte Dyspnoe. Wenn IMT zu einer pulmonalen Rehabilitation hinzugefügt wurde, zeigte sich jedoch kein zusätzlicher Dyspnoe-Effekt gegenüber Rehabilitation allein.
Effects of a simple prototype respiratory muscle trainer on respiratory muscle strength, quality of life and dyspnea, and oxidative stress in COPD patients:	Leelarungrayub et al.	2017	30 Patient:innen mit moderater COPD, randomisiert in drei Gruppen: Kontrolle (n=10), Standard-Training (n=10) und Training mit einfachem Prototypgerät	6-wöchiges Atemmuskelttraining mit Standardgerät oder einfachem Prototyp-Respiratory-Muscle-Trainer. Outcomes vor/nach Training: P _{lmax} , P _{Emax} , Spirometrie, 6MWD, Lebensqualität,	Randomisierte explorative Vorstudie mit kleiner Stichprobe. Ziel: prüfen, ob ein einfacher Prototyp zur Atemmuskelerkäftigung vergleichbare Effekte wie ein Standardgerät auf Muskelkraft, Lungenfunktion,	Kontrollgruppe ohne signifikante Veränderungen. Nach Training mit Standard- oder Prototypgerät verbesserten sich FVC, FEV1/FVC, P _{lmax} , P _{Emax} , Lebensqualität sowie MDA und NO; FEV1, FEV1%, 6MWD, TAC und GSH änderten sich

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
a preliminary study. International Journal of COPD. DOI: 10.2147/COPD.S131062			(n=10). Gruppen waren vor Training statistisch vergleichbar.	Dyspnoe und oxidative Stressmarker (TAC, GSH, MDA, NO).	Lebensqualität, Dyspnoe und oxidative Stressparameter bei COPD erzielt.	nicht signifikant. Zwischen den beiden Trainingsgeräten bestanden keine signifikanten Unterschiede.
What's the secret behind the benefits of whole-body vibration training in patients with COPD? A randomized, controlled trial. Respiratory Medicine. DOI: 10.1016/j.rmed.2017.03.014	Gloeckl et al.	2017	74 Patient:innen mit schwerer COPD während eines 3-wöchigen stationären pulmonalen Rehabilitationsprogramms; mittleres FEV1 34 +/- 9% des Solls. Zielgruppe: COPD mit eingeschränkter Belastbarkeit, Gleichgewichtsfunktion und neuromuskulärer Leistungsfähigkeit.	Alle Patient:innen absolvierten konventionelles Ausdauer- und Krafttraining plus selbstgesteuerte dynamische Kniebeugen (4 Durchgänge x 2 Minuten, 3-mal/Woche). Randomisierung: Kniebeugen auf einer seitenalternierenden Galileo-Vibrationsplattform bei hoher Intensität (24-26 Hz) versus identische Kniebeugen ohne WBV.	Randomisierte kontrollierte Studie. Ziel: Mechanismen der verbesserten Belastbarkeit durch WBV bei COPD untersuchen. Outcomes: Gleichgewichtsleistung, 6-Minuten-Gehtest, Muskelpower und Muskelkraft.	WBV verbesserte Gleichgewicht in mehreren Domänen signifikant gegenüber Kontrolle, z. B. Tandemstand +20% (95%-KI 14 bis 26) vs. Kontrolle -10% (95%-KI 6 bis 15), p < 0,001; Einbeinstand +11% (95%-KI 4 bis 19) vs. -8% (95%-KI -19 bis 3), p = 0,009. 6-Minuten-Gehtest und Muskelpower verbesserten sich ebenfalls signifikant, Muskelkraft dagegen nicht. Schlussfolgerung: Der Nutzen von WBV bei schwerer COPD beruht vermutlich besonders auf neuromuskulärer Anpassung, Balance und Muskelpower; WBV kann als ergänzende Trainingsmodalität in der Rehabilitation erwogen werden.
Efficacy of a Novel Method for Inspiratory Muscle Training in People With Chronic Obstructive Pulmonary Disease. Physical Therapy. DOI: 10.2522/ptj.20140245	Langer et al.	2015	20 klinisch stabile COPD-Patient:innen mit inspiratorischer Muskelschwäche innerhalb eines pulmonalen Rehabilitationsprogramms.	Zweimal täglich 30 Atemzüge über 8 Wochen bei maximal tolerierter Intensität; Vergleich eines tapered-flow-resistive-load-Geräts (POWERbreathe KH1) mit traditionellem mechanischem Threshold-Loading. Zwei überwachte Einheiten/Woche.	Randomisierte aktive Vergleichsstudie. Outcomes: Adhärenz, tolerierbare Trainingslast, P _{lmax} und inspiratorische Ausdauerzeit.	Beide Gruppen absolvierten >90 % der Einheiten und verbesserten die inspiratorische Funktion. Mit dem tapered-flow-Gerät konnten in den letzten 3 Wochen höhere Lasten bei vergleichbarer Anstrengung trainiert werden; P _{lmax} und Ausdauer verbesserten sich stärker.
Respiratory muscle training with normocapnic hyperpnea improves ventilatory pattern and thoracoabdominal coordination, and reduces oxygen desaturation during endurance exercise testing in COPD patients	Bernardi, Pomidori, Bassal, Contoli & Cogo	2015	26 Patient:innen mit COPD im Alter von 49–82 Jahren, darunter 3 Frauen; 20 schlossen die Studie ab.	Normokapnische Hyperpnoe mit SpiroTiger über 4 Wochen; nach vier supervidierten Einheiten häusliches Training zweimal täglich für 10 Minuten bei 50 % der maximalen willkürlichen Ventilation, angepasst auf Borg 5–6 von 10.	Einarmige Prä-post-Studie ohne Kontrollgruppe; Ziel war die Untersuchung von Atemmuster, thorakoabdomineller Koordination, Sauerstoffsättigung, Belastungstoleranz, inspiratorischer Kraft und Lebensqualität. Während eines Ausdauertests bei 75–80 % der Spitzenleistung wurde	P _{lmax} stieg von 81,5 ± 31,6 auf 91,8 ± 30,6 cmH ₂ O; Ausdauerzeit nahm um 150 s, 6-Minuten-Gehstrecke um 30 m und SGRQ um 8 Punkte zu. Bei gleicher Belastung waren Ventilation und Atemfrequenz geringer, Atemzugvolumen höher sowie Desaturation, thorakoabdominelle Asynchronie und Dyspnoe geringer.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease 2015;10:1899–1906; DOI: 10.2147/COPD.S88609					ambulante induktive Plethysmografie eingesetzt.	
Expiratory and Expiratory Plus Inspiratory Muscle Training Improves Respiratory Muscle Strength in Subjects With COPD: Systematic Review. Respiratory Care. DOI: 10.4187/respcare.02793	Neves et al.	2014	Patient:innen mit schwerer bis sehr schwerer COPD aus 5 randomisierten Studien. Eingeschlossen wurden Studien zu expiratory muscle training (EMT) oder kombiniertem expiratory plus inspiratory muscle training (EMT+IMT) versus Kontrollgruppen.	EMT allein sowie kombiniertes EMT+IMT als Bestandteil ventilatorischen Trainings/pulmonaler Rehabilitation. Konkrete Trainingsprotokolle variierten zwischen den eingeschlossenen Studien.	Systematischer Review und Meta-Analyse. Datenbanken: MEDLINE, Embase, LILACS, PEDro, Cochrane CENTRAL plus Handsuche. Outcomes: maximale expiratorische und inspiratorische Drücke, 6-Minuten-Gehtest und Dyspnoe.	EMT verbesserte PEmax gegenüber Kontrolle um 21,49 cmH2O (95%-KI 13,39-29,59) und PImax um 7,68 cmH2O (95%-KI 0,90-14,45). Für 6MWD (29,01 m; 95%-KI -39,62 bis 97,65) und Dyspnoe (0,15; 95%-KI -0,77 bis 1,08) ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. EMT+IMT verbesserte PEmax um 31,98 cmH2O und PImax um 27,98 cmH2O. Schlussfolgerung: EMT und EMT+IMT stärken Atemmuskulatur bei COPD; funktionelle und symptomatische Effekte sind weniger klar.
Effects of inspiratory muscle training on dynamic hyperinflation in patients with COPD International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease 2012;7:797–805; DOI: 10.2147/COPD.S23784	Petrovic et al.	2012	20 Patient:innen mit stabiler COPD der GOLD-Stadien II–III; 10 Personen absolvierten das Training und 10 dienten als Kontrollgruppe.	Tägliches inspiratorisches Kraft- und Ausdauertraining über 8 Wochen; die Kontrollgruppe erhielt kein entsprechendes IMT. Untersucht wurden maximale inspiratorische Druckkraft, inspiratorische Ausdauer sowie Reaktionen bei inkrementeller und konstanter Fahrradergometrie.	Kontrollierte Interventionsstudie; Ziel war zu prüfen, ob IMT die dynamische Hyperinflation, das Atemmuster, Dyspnoe und Belastungstoleranz verändert. Die inspiratorische Fraktion wurde als indirekter Marker der dynamischen Hyperinflation verwendet; zusätzlich wurden PImax, Ausdauerzeit bei resistiver Atmung, maximale Belastung und Endurance-Time erfasst.	PImax stieg von $7,75 \pm 0,47$ auf $9,15 \pm 0,73$ kPa und die inspiratorische Ausdauerzeit von 348 ± 54 auf 467 ± 58 s; beide Veränderungen waren signifikant. Die inspiratorische Fraktion nahm bei beiden Belastungstests zu, das Verhältnis Atemfrequenz zu Minutenventilation sank und Dyspnoe wurde geringer. Die maximale Leistung blieb unverändert, die Ausdauerzeit bei konstanter Last stieg von $597,1 \pm 80,8$ auf $733,6 \pm 74,3$ s; in der Kontrollgruppe traten keine vergleichbaren Veränderungen auf.
Inspiratory muscle training in pulmonary rehabilitation program in COPD patients. Respiratory Medicine. DOI: 10.1016/j.rmed.2007.01.010	Magadle et al.	2007	34 Patient:innen mit ausgeprägter COPD. Zunächst 12 Wochen allgemeines körperliches Rekonditionierungsprogramm, anschließend Randomisierung.	Zusätzliches spezifisches IMT oder Sham-IMT über weitere 6 Monate bei Fortführung des allgemeinen Trainings.	Randomisierte kontrollierte Add-on-Studie. Untersucht wurden 6MWD, PImax, Dyspnoe und SGRQ-Lebensqualität.	Das allgemeine Training erhöhte zunächst die 6MWD von 254 auf 322 m. Nach Zusatz von IMT stieg PImax (66 auf 78 cmH2O), Dyspnoe und SGRQ verbesserten sich zusätzlich. Der weitere Gehstreckeneffekt war nicht zentral belegt. Ergebnis spricht für symptomatischen Zusatznutzen nach Basisrehabilitation.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Inspiratory Muscle Training May Increase Peak Inspiratory Flow in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. Respiration. DOI: 10.1159/000088095	Weiner et al.	2006	60 COPD-Patient:innen wurden hinsichtlich inspiratorischer Kraft und Peak Inspiratory Flow untersucht; 28 mit schwerer COPD und niedrigem PIF wurden randomisiert.	Acht Wochen spezifisches IMT versus Kontrolle, mit Fokus auf die Fähigkeit, ausreichende inspiratorische Flüsse für Trockenpulverinhalatoren zu erzeugen.	Diagnostisch-interventionelle Studie. PIF wurde für Diskus und Turbuhaler erfasst und mit PImax korreliert; anschließend Trainingsvergleich bei Patient:innen mit unzureichendem Fluss.	20 % erreichten für den Turbuhaler nicht den optimalen Fluss von 60 l/min. PIF korrelierte stark mit PImax. Training erhöhte PImax und PIF; danach überschritten alle Trainierten die gerätespezifische Mindestschwelle. IMT kann bei inspiratorischer Schwäche die DPI-Anwendung unterstützen; klinische Medikamentendeposition wurde nicht direkt gemessen.
High-intensity inspiratory muscle training in COPD European Respiratory Journal 2006;27(6):1119–1128; DOI: 10.1183/09031936.06.00105205	Hill et al.	2006	33 Patient:innen mit moderater bis schwerer COPD; 16 erhielten hochintensives IMT und 17 Sham-IMT. Der mittlere FEV1-Wert lag in beiden Gruppen bei etwa 37 % des Solls.	Vollständig supervidiertes, intervallbasiertes IMT dreimal wöchentlich über 8 Wochen; die Trainingslast wurde bis zur höchsten tolerierbaren Schwelle und bis auf 101 % des anfänglichen PImax gesteigert. Die Sham-Gruppe trainierte bei 10 % des PImax.	Doppelblinde randomisierte kontrollierte Studie; Zielgrößen waren inspiratorische Muskelkraft und Schwellenleistung, 6-Minuten-Gehstrecke, Dyspnoe, Fatigue und gesundheitsbezogene Lebensqualität im Chronic Respiratory Disease Questionnaire.	Hochintensives IMT erhöhte PImax um 29 %, die maximale Schwellenleistung um 56 % und die 6-Minuten-Gehstrecke um 27 m. Dyspnoe und Fatigue verbesserten sich im CRDQ um 1,4 beziehungsweise 0,9 Punkte pro Item; die Veränderungen waren größer als unter Sham-Training. Die Studie stützt ein intensiv dosiertes IMT bei moderater bis schwerer COPD.
The Effects of 1 Year of Specific Inspiratory Muscle Training in Patients With COPD. Chest. DOI: 10.1378/chest.128.5.3177	Beckerman et al.	2005	42 COPD-Patient:innen mit FEV1 <50 % Soll, randomisiert zu spezifischem IMT oder sehr niedrig belastetem Kontrolltraining.	Langzeit-IMT über 1 Jahr versus niedrig belastete Kontrolle.	Randomisierte kontrollierte Langzeitstudie. Outcomes: PImax, 6MWD, Dyspnoe, Lebensqualität, Inanspruchnahme primärärztlicher Versorgung und Krankenhaustage.	Nach 3 Monaten stieg PImax von 71 auf 90 cmH2O und 6MWD von 256 auf 312 m. Dyspnoe verbesserte sich ab Monat 9, HRQoL ab Monat 6; Effekte blieben nach 1 Jahr erhalten. Zusätzlich weniger Nutzung primärärztlicher Versorgung und Krankenhaustage.

2.3 Atemmuskeltraining bei Weaning, Beatmung und Intensivmedizin

Die Studien prüfen, ob inspiratorisches Muskeltraining bei beatmeten Patientinnen und Patienten die Atemmuskelkraft und die Entwöhnung vom Respirator unterstützt. Studien und Reviews berichten höhere MIP-Werte, günstigere Atemmuster und teilweise eine höhere Weaning-Erfolgsrate.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Similar Weaning Success Rate with High-Intensity and Sham Inspiratory Muscle Training: A	Van Hollebeke et al.	2024	90 Patient:innen mit Weaning-Schwierigkeiten; hochintensives IMT n=44, niedrig belastetes Sham/Lo-IMT n=46.	Tägliche maximale Inspirationen aus Residualvolumen bis Weaning oder maximal 28 Tage: 30–50 % PImax im	Randomisierte kontrollierte IMweanT-Studie. Primär Weaning-Erfolg; zusätzlich Weaning-Dauer, PImax, FVC und Adhärenz.	Weaning-Erfolg unterschied sich nicht (64 % Hochlast vs. 76 % niedrig; p=0,43), ebenso Weaning-Dauer. PImax stieg in beiden Gruppen nahezu identisch (+15 vs. +14 cmH2O). FVC

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Randomized Controlled Trial (IMweanT). American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. DOI: 10.1164/rccm.202405-1042oc				Hochlastarm versus ≤ 10 % P _{lmax} im Kontrollarm.		nahm hochintensiv stärker zu (+0,33 vs. +0,16 l; p=0,04). Die als Sham geplante niedrige Last mit maximalen Atemzügen war offenbar nicht inert. Hochintensität war für klinisches Weaning nicht überlegen.
A Multidimensional Approach to the Management of Patients in Prolonged Weaning: Treatable Traits. Respiration. DOI: 10.1159/000541965	Trudzinski et al.	2024	Patient:innen im prolongierten Weaning von invasiver Beatmung; komplexe Population mit Atemwegsproblemen, Infektionen, psychischen, hämatologischen, pulmonalen und kardiorespiratorischen Faktoren.	Multidimensionales Treatable-Traits-Management: Sekretmanagement, Befeuchtung, Infektionskontrolle, Physiotherapie, frühe Mobilisation, Atemwegsdiagnostik, Sedierung/Schmerz, Ernährung und weitere individualisierte Interventionen.	Narrativer Review/Expert Opinion basierend auf Risikofaktoren, Claims-Daten, WEAN SAFE und multidisziplinärer Expert:innenarbeit. Ziel: Framework für prolongiertes Weaning entwickeln.	Die Autor:innen betonen, dass Sekretmanagement, angemessene Befeuchtung und Physiotherapie zentrale behandelbare Merkmale sind, um Atemwegsobstruktion, Infektionsrisiko und Atemlast zu reduzieren. Kein OPEP-Wirksamkeitsnachweis, aber konzeptionelle Relevanz für modulare Geräteintegration im Weaning.
High-Intensity Inspiratory Muscle Training Improves Scalene and Sternocleidomastoid Muscle Oxygenation Parameters in Patients With Weaning Difficulties: A Randomized Controlled Trial. Frontiers in Physiology. DOI: 10.3389/fphys.2022.786575	Van Hollebeke et al.	2022	41 Patient:innen mit Weaning-Schwierigkeiten; hochintensives IMT n=22, niedrig belastete Kontrollgruppe n=19. Sekundäre physiologische Analyse der IMweanT-Studie.	Täglich 4 Sätze mit 6–10 Atemzügen bis zum Weaning-Erfolg oder maximal 28 Tage. Intervention progressiv bis zur höchsten tolerierbaren Last; Kontrolle konstant bei 10 % des Ausgangs-P _{lmax} .	Randomisierte kontrollierte explorative Studie. Standardisierte Belastungsatmung vor/nach Intervention; Atemarbeit/-leistung, P _{lmax} , FVC und Nahinfrarotspektroskopie von Skalenus und Sternocleidomastoideus.	Nur die Hochintensitätsgruppe steigerte die mittlere Atemleistung deutlich. Die belastungsbezogene Oxygenierung des Sternocleidomastoideus verbesserte sich stärker als in der Kontrolle; Skalenusparameter und P _{lmax} verbesserten sich in beiden Gruppen. FVC stieg nur hochintensiv.
Physical Therapist Management of COVID-19 in the Intensive Care Unit: The West China Hospital Experience Physical Therapy 2021;101(1):pzaa198; online 2020; DOI: 10.1093/ptj/pzaa198	Li et al.	2020 online / 2021 print	16 Patient:innen mit schwerem oder kritischem COVID-19 auf einer Intensivstation; alle hatten mindestens eine Begleiterkrankung; mediane Krankenhausverweildauer 27 Tage und ICU-Verweildauer 15 Tage; drei Personen wurden mechanisch beatmet und bei instruktionsabhängigen Funktionsmessungen ausgeschlossen, sodass diese Outcomes bei 13 Patient:innen erhoben wurden.	Individuell ausgewählte physiotherapeutische Maßnahmen während des ICU-Aufenthalts; Lagerung und Positionierung, Atemwegsclearance, oszillierender positiver expiratorischer Druck, inspiratorisches Muskeltraining sowie Mobilisations- und Kräftigungsübungen; parallel erfolgte die reguläre medikamentöse und intensivmedizinische Behandlung.	Deskriptiver klinischer Erfahrungsbericht beziehungsweise prospektive Fallserie ohne Kontrollgruppe; respiratorische, muskuläre und funktionelle Parameter wurden zu Beginn der physiotherapeutischen Behandlung und bei ICU-Entlassung erfasst; Ziel war die Darstellung eines neu aufgebauten physiotherapeutischen Versorgungskonzepts und der funktionellen Entwicklung.	Bei ICU-Entlassung lagen viele Messwerte bei der Mehrzahl der Patient:innen nahe dem Normbereich; dennoch hatten 61 % einen Peak-Expiratory-Flow und 31 % einen maximalen Inspirationsdruck unter 80 % des Sollwerts, während 46 % im De Morton Mobility Index unter dem Normbereich lagen. Die Maßnahmen wurden als sicher beschrieben und die Funktionen verbesserten sich im Verlauf.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Can inspiratory muscle training improve weaning outcomes in difficult to wean patients? A protocol for a randomised controlled trial (IMweanT study) BMJ Open 2018;8(6):e021091. DOI: 10.1136/bmjopen-2017-021091	Hoffman M; Van Hollebeke M; Clerckx B; Muller J; Louvaris Z; Gosselink R; Hermans G; Langer D	2018	Geplante Population: 90 erwachsene Intensivpatient:innen mit Weaning-Schwierigkeiten; 45 pro Gruppe. Begründung: Respiratorische Muskeldysfunktion bzw. inspiratorische Muskelschwäche als möglicher Faktor des Weaning-Versagens. Status: Studienprotokoll; zum Publikationszeitpunkt laufende Rekrutierung, keine Ergebnisstichprobe.	Intervention: Hochintensives inspiratorisches Muskeltraining mit einem tapered-flow-resistiven Gerät (POWERbreathe KH2). Dosierung: Täglich 4 Sätze à 6–10 Atemzüge; Belastung auf die höchste tolerierbare Intensität eingestellt und progressiv angepasst; bis zum erfolgreichen Weaning oder maximal 28 Tage. Kontrolle: Sham-IMT mit niedriger, während des Trainingszeitraums nicht gesteigerter Resistenz.	Typ: Doppelblinde, parallele, randomisierte kontrollierte Überlegenheitsstudie; 1:1-Zuteilung. Primäres Ziel: Prüfung, ob hochintensives IMT den Anteil erfolgreich entwöhnter Patient:innen erhöht; Planung zur Detektion einer absoluten Differenz von 28 % bei $\alpha = 0,05$ und 80 % Power. Sekundäre Outcomes: Lungen- und Atemmuskelfunktion, Weaning-Dauer, Beatmungsdauer, ventilatorfreie Tage und ICU-Verweildauer.	Ergebnisse: Keine, da es sich um ein Studienprotokoll handelt. Wissenschaftliche Aussage: Der Beitrag beschreibt Hypothese, Intervention, Fallzahlplanung und Auswertungsstrategie, erlaubt aber keine Schlussfolgerung zur Wirksamkeit oder Sicherheit. Einordnung: Das Protokoll adressiert frühere Evidenzlücken durch standardisierte Patientenselektion, verblindete Sham-Kontrolle und eine klar definierte progressive Belastung.
Safety and efficacy of inspiratory muscle training for preventing adverse outcomes in patients at risk of prolonged hospitalisation. Trials. DOI: 10.1186/s13063-017-2372-y	Nepomuceno et al.	2017	65 hospitalisierte Patient:innen mit Risiko eines verlängerten Aufenthalts; IMT n=31, Sham n=34.	IMT bei 50 % MIP zweimal täglich über 4 Wochen versus Sham; beide Gruppen erhielten konventionelle Physiotherapie.	Doppelblinde randomisierte kontrollierte Studie. Outcomes: Atem- und periphere Muskelkraft, Funktion, Aufenthaltsdauer, Intubation, Muskelschwäche, Mortalität und Nebenwirkungen.	Mittlere Aufenthaltsdauer war kürzer (35,3 vs. 41,8 Tage). Berichtete Risiken für Intubation (RR 0,36), Muskelschwäche (RR 0,36) und Mortalität (RR 0,23) waren niedriger; Nebenwirkungen unterschieden sich nicht.
Inspiratory muscle training facilitates weaning from mechanical ventilation among patients in the intensive care unit: a systematic review. Journal of Physiotherapy. DOI: 10.1016/j.jphys.2015.05.016	Elkins et al.	2015	10 randomisierte Studien mit 394 erwachsenen intensivmedizinisch beatmeten Patient:innen.	IMT während mechanischer Beatmung beziehungsweise Weaning, verglichen mit Sham oder keinem IMT.	Systematischer Review mit Random-Effects-Meta-Analysen. Outcomes: MIP, Atemmuskelausdauer, Rapid Shallow Breathing Index, Weaning-Erfolg/-Dauer, Beatmungsdauer, Reintubation, Tracheotomie, Aufenthaltsdauer, NIV, Überleben und Sicherheit.	IMT verbesserte MIP um 7 cmH ₂ O, den Rapid Shallow Breathing Index um 15 Atemzüge/min/l und den Weaning-Erfolg (RR 1,34; 95%-KI 1,02–1,76). Einzelstudien berichteten kürzere NIV-, ICU- und Krankenhausaufenthaltsdauer.
Inspiratory muscle strength training improves weaning outcome in failure to wean	Martin et al.	2011	69 langzeitbeatmete Patient:innen mit erfolglosem Weaning; IMST n=35, Sham n=34.	Threshold-IMST an 5 Tagen/Woche, 4 Sätze à 6–10 Atemzüge bei höchster tolerierter und täglich progressiver Last;	Monozentrische, einfach verblindete randomisierte kontrollierte Studie. Weaning-	MIP stieg nur unter aktivem IMST signifikant. 71 % der IMST- versus 47 % der Sham-Gruppe wurden erfolgreich entwöhnt

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
patients: a randomized trial. Critical Care. DOI: 10.1186/cc10081				Sham mit niedriger konstanter Last. Zusätzlich tägliche verlängerte Spontanatmungsversuche, maximal 28 Tage.	Erfolg: 72 Stunden ohne maschinelle Beatmung; zudem MIP und Sicherheit.	(p=0,039); NNT 4, jedoch sehr weites 95%-KI 2–80. Keine trainingsbezogenen unerwünschten Ereignisse.

2.4 Atemmuskeltraining bei Asthma und belastungsinduzierte Bronchokonstriktion

Die Evidenz umfasst überwiegend kleinere Studien zu inspiratorischem Muskeltraining bei Erwachsenen und Kindern mit Asthma. Meta-Analysen zeigen eine deutliche Verbesserung der inspiratorischen Muskelkraft; einzelne Studien berichten außerdem weniger Belastungsdyspnoe, geringeren Bedarfsmedikamentengebrauch und eine bessere funktionelle Belastbarkeit.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Effect of respiratory muscle training in asthma: A systematic review and meta-analysis. Annals of Physical and Rehabilitation Medicine. DOI: 10.1016/j.rehab.2022.101691	Lista-Paz et al.	2023 (online 2022)	11 Studien mit 270 Personen mit Asthma; 10 überwiegend erwachsene Studien gingen in die Meta-Analyse ein.	Respiratorisches Muskeltraining, überwiegend inspiratorisches Muskeltraining mit unterschiedlichen Widerständen, Dauern und Trainingshäufigkeiten.	Systematischer Review und Meta-Analyse randomisierter und quasi-experimenteller Studien bis September 2021. Outcomes: Atemmuskelkraft/-ausdauer, Bedarfsmedikation, Symptome, Lungenfunktion, Belastbarkeit, Versorgung, HRQoL und Nebenwirkungen.	IMT erhöhte P _{Imax} im Mittel um 21,95 cmH ₂ O (95%-KI 15,05–28,85). Für P _{Emax} , FEV ₁ , FVC und Belastbarkeit ergaben sich insgesamt keine gesicherten Effekte. Subgruppen mit >50 % P _{Imax} und >6 Wochen Training zeigten Vorteile bei der Belastbarkeit. Qualitativ Hinweise auf bessere Atemmuskelausdauer, weniger Bedarfsmedikation und Belastungsdyspnoe; keine relevanten Nebenwirkungen.
Effect of Inspiratory Muscle Training in the Management of Patients With Asthma: A Randomized Controlled Trial Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention 2018;38(3):198–203. DOI: 10.1097/HCR.0000000000000318	Duruturk N; Acar M; Doğrul Mİ	2018	Population: 38 Erwachsene mit Asthma im Alter von 18–65 Jahren. Gruppen: IMT n = 20; Kontrollgruppe n = 18. Erkrankung/Setting: Asthma unter ambulanter bzw. stabiler Behandlung; Schweregrad und Ausgangswerte werden im RIS-Abstrakt nicht näher differenziert. Analysierte Bereiche: Lungenfunktion, inspiratorische und expiratorische Muskelkraft, funktionelle Belastbarkeit, Dyspnoe, Fatigue, gesundheitsbezogene	Intervention: Inspiratorisches Muskeltraining mit einem individuell eingestellten Threshold-Druckgerät zusätzlich zu einem Atemtraining. Dosierung: 30 Atemzüge pro Trainingseinheit, zweimal täglich über 6 Wochen; Trainingslast 50 % des maximalen inspiratorischen Drucks (MIP). Kontrolle: Ausschließlich Atemtraining ohne wirksame Threshold-Druckbelastung; im Abstract als Sham bzw. kein Threshold-Gerät beschrieben.	Typ: Randomisierte kontrollierte Parallelgruppenstudie. Zielsetzung: Prüfung, ob ein zusätzliches spezifisches IMT gegenüber Atemtraining allein respiratorische Muskelkraft, Belastbarkeit, Symptome, Lebensqualität und Alltagsfunktion verbessert. Outcomes/Instrumente: Pulmonale Funktionsprüfung; MIP und MEP; 6-Minuten-Gehtest; modified Medical Research Council Dyspnea Scale (mMRC); St George's Respiratory Questionnaire (SGRQ); Fatigue	Signifikante Gruppenunterschiede zugunsten des IMT: MIP (p < 0,01), MIP in % des Sollwerts (p < 0,01), MEP in % des Sollwerts (p < 0,01), 6-Minuten-Gehstrecke (p = 0,001), mMRC-Dyspnoe (p < 0,001), Fatigue Severity Scale (p = 0,03), SGRQ-Symptomdomäne (p = 0,03) sowie die LCADL-Domänen Haushalt (p = 0,03) und Freizeit (p = 0,01). Nicht eindeutig belegt: Für die übrigen erfassten Lungenfunktions-, Lebensqualitäts- und Alltagsdomänen berichtet der Abstract keinen signifikanten Vorteil; ein Effekt auf Exazerbationen, Medikamentenbedarf oder Krankenhauseinweisungen wurde nicht untersucht bzw. nicht berichtet.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
			Lebensqualität und Aktivitäten des täglichen Lebens.	Messzeitpunkte: Untersuchung unmittelbar vor und nach der 6-wöchigen Intervention.	Severity Scale (FSS); London Chest Activity of Daily Living Scale (LCADL). Methodische Einordnung: Kleine Stichprobe und kurze Intervention; der Abstract nennt keine Langzeitnachbeobachtung, keine Exazerbationsdaten und keine detaillierten Angaben zu Verblindung, Adhärenz oder unerwünschten Ereignissen.	Schlussfolgerung: Das 6-wöchige IMT zusätzlich zum Atemtraining war mit Verbesserungen der Atemmuskulatur, funktionellen Belastbarkeit, Dyspnoe, Fatigue und ausgewählter Lebensqualitäts-/Alltagsbereiche verbunden.
The role of inspiratory muscle training in the management of asthma and exercise-induced bronchoconstriction The Physician and Sportsmedicine 2016;44(4):327–334. DOI: 10.1080/00913847.2016.1176546	Shei RJ; Paris HLR; Wilhite DP; Chapman RF; Mickleborou gh TD	2016	Publikationstyp: Narrativer Übersichtsartikel; keine eigene Patientenstichprobe. Zielpopulation: Menschen mit Asthma und/oder belastungsinduzierter Bronchokonstriktion (exercise-induced bronchoconstriction, EIB). Klinischer Kontext: IMT als kostengünstige nichtmedikamentöse Ergänzung, nicht als Ersatz einer leitliniengerechten pharmakologischen Asthmatherapie.	Intervention: Inspiratorisches Muskeltraining durch wiederholte willkürliche Inspirationen gegen einen externen Widerstand über einen großen Bereich der Vitalkapazität. Trainingsziel: Steigerung von Kraft und Ausdauer des Zwerchfells sowie der inspiratorischen Atemhilfsmuskulatur. Postulierter Mechanismus: Bei Asthma/EIB können expiratorische Flusslimitierung und dynamische Hyperinflation die inspiratorischen Muskeln verkürzen, ihre Länge-Spannungs-Beziehung verschlechtern und die Atemarbeit erhöhen. Training soll die Kraftreserve erhöhen und die relative Beanspruchung bei gegebener Ventilation senken.	Typ: Narrativer Review/klinisch-physiologische Übersicht; im Abstract keine systematische Recherche, Studienselektion oder formale Qualitätsbewertung beschrieben. Zielsetzung: Darstellung der physiologischen Begründung sowie der vorhandenen klinischen Evidenz für IMT bei Asthma und EIB. Betrachtete Endpunkte: Inspiratorische Muskelkraft, Dyspnoe, Sauerstoffkosten der Atmung, Belastbarkeit und mögliche Bedeutung bei dynamischer Hyperinflation. Methodische Einordnung: Der Beitrag synthetisiert heterogene und zahlenmäßig begrenzte Studien; daher keine gepoolten Effektmaße und keine belastbare Bewertung der Evidenzsicherheit.	Physiologische Evidenz: Bei Gesunden kann IMT Zwerchfelldicke und inspiratorische Muskelkraft erhöhen sowie Belastungsdyspnoe und Sauerstoffkosten der Atmung senken; diese Mechanismen werden als potenziell relevant für Asthma/EIB diskutiert. Klinische Befunde bei Asthma: Einzelne Studien berichten geringere Dyspnoe, höhere inspiratorische Muskelkraft und verbesserte Belastbarkeit. Schlussfolgerung: IMT ist eine plausible und potenziell kostengünstige Zusatztherapie.
Inspiratory muscle training for asthma Cochrane Database of Systematic Reviews 2013;(9):CD003792. DOI:	Silva IS; Fregonezi GAF; Dias FAL; Ribeiro CTD; Guerra	2013	Datengrundlage: 5 randomisierte kontrollierte Studien mit insgesamt 113 Erwachsenen mit stabilem Asthma. Asthmaschwere: Vier Studien schlossen überwiegend Personen mit leichtem bis	Intervention: Spezifisches inspiratorisches Muskeltraining mit externem Widerstandsgerät oder Threshold-Loading. Kontrolle: Sham-Training oder keine spezifische inspiratorische	Typ: Cochrane-Systematic-Review randomisierter kontrollierter Studien. Recherche: Cochrane Airways Group Specialised Register, CENTRAL, ClinicalTrials.gov und Referenzlisten; letzter	Inspiratorische Muskelkraft: Signifikanter Anstieg des maximalen inspiratorischen Drucks: mittlere Differenz 13,34 cmH ₂ O (95%-KI 4,70–21,98); 4 Studien, 84 Teilnehmende; Evidenz niedriger Qualität. Exazerbationen: Das zweite primäre Outcome –

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
10.1002/14651858.CD003792.pu b2	RO; Ferreira GMH		moderatem Asthma ein; eine Studie rekrutierte unabhängig vom Schweregrad. Studienlandschaft: Drei der fünf Studien stammten aus derselben Forschungsgruppe; die Stichproben waren klein und die methodische Berichterstattung unvollständig.	Trainingsbelastung. Protokollheterogenität: Trainingsdauer pro Sitzung 10–30 Minuten; gesamte Interventionsdauer 3–25 Wochen; Belastung und Progression zwischen den Studien unterschiedlich.	Suchzeitpunkt November 2012. Zielsetzung: Beurteilung der Wirksamkeit von externem resistivem IMT bzw. Threshold-IMT bei stabilem Asthma. Primäre Outcomes: Inspiratorische Muskelkraft sowie Exazerbationen mit systemischen/inhalativen Kortikosteroiden oder Notaufnahmebehandlung. Methodische Einordnung: Erhebliche klinische Heterogenität, geringe Fallzahlen, unklare Verzerrungsrisiken und unzureichende Berichterstattung. Der Review bildet den Evidenzstand bis November 2012 ab und berücksichtigt spätere Studien – beispielsweise Duruturk et al. 2018 – nicht.	Exazerbationen mit Kortikosteroidbehandlung oder Notaufnahmebesuch – wurde in keiner eingeschlossenen Studie berichtet. Sekundäre Outcomes: Eine Studie zeigte keine signifikanten Gruppenunterschiede bei MEP, PEF, FEV ₁ , FVC, Dyspnoeempfinden oder β_2 -Agonistengebrauch. Fehlende Daten: Keine Studien berichteten inspiratorische Muskelausdauer, Hospitalisierungen oder Arbeits-/Schulfehltage. Schlussfolgerung: Der Review fand einen möglichen Kraftzuwachs, aber keine schlüssige Evidenz, die IMT bei Asthma insgesamt unterstützt oder widerlegt.
Inspiratory muscle training and respiratory exercises in children with asthma Jornal Brasileiro de Pneumologia 2008;34(8):552–558. DOI: 10.1590/S1806-37132008000800003	Lima EVNCL; Lima WL; Nobre A; Santos AM; Brito LMO; Costa MRSR	2008	Population: 50 Kinder mit Asthma im Alter von 8–12 Jahren; ursprünglich 60 rekrutiert, 2 wegen unpassenden Alters und 8 wegen mangelnder Therapieadhärenz ausgeschlossen. Klinische Merkmale: Zu Beginn unbehandeltes bzw. unkontrolliertes Asthma; Zuweisung zu einem universitären Asthma-Versorgungs- und Schulungsprogramm. Gruppen: IMT-/Atemtherapiegruppe n = 25 (9 Jungen, 16 Mädchen; 9,6 ± 1,2 Jahre); Kontrollgruppe n = 25 (7 Jungen, 18 Mädchen; 9,76 ± 1,2 Jahre). Beobachtungszeit: Intervention über 7 Wochen; insgesamt 3 Monate	Interventionsprogramm: Zwei 50-minütige Sitzungen pro Woche über 7 aufeinanderfolgende Wochen, insgesamt 14 Sitzungen. Atemübungen: Je Sitzung zunächst 25 Minuten respiratorische Re-Edukation im Sitzen und in Rückenlage: Zwerchfellatmung, fraktionierte Atmung und Lippenbremse; jeweils Serien von 10 Wiederholungen. IMT: Anschließend 25 Minuten Threshold-IMT bei 40 % des jeweils vor der Sitzung bestimmten MIP. In den ersten 20 Minuten zehn Belastungsintervalle von je 60 Sekunden mit 60 Sekunden Pause; die letzten 5 Minuten kontinuierlich zur	Typ: Randomisierte experimentelle Studie mit Parallelgruppen; Zuteilung per einfacher Losziehung. Zielsetzung: Bewertung der kombinierten Wirkung von IMT und Atemübungen auf respiratorische Muskelkraft, Peak Expiratory Flow (PEF) und klinische Asthmaschwere bei Kindern. Primäre Messgrößen: MIP, maximaler expiratorischer Druck (MEP) und PEF. Schweregradvariablen: Häufige Anfälle, Tages- und Nachtsymptome, Beeinträchtigung der Aktivitäten des täglichen Lebens, Notaufnahmebehandlung, Hospitalisierung und Bedarf an Bedarfsbronchodilatoren.	Atemmuskelfraft/PEF in der Interventionsgruppe: MIP von $-48,32 \pm 5,71$ auf $-109,92 \pm 18,04$ cmH ₂ O; MEP von 50,64 ± 6,55 auf 82,04 ± 17,01 cmH ₂ O; PEF von 173,6 ± 50,82 auf 312,0 ± 54,85 L/min; jeweils p < 0,0001. Kontrollgruppe: Keine signifikante Veränderung von MIP oder MEP. Der PEF stieg von 188,0 ± 43,97 auf 208,80 ± 44,28 L/min (p < 0,0001), möglicherweise im Zusammenhang mit Schulung und optimierter medizinischer Behandlung. Klinische Variablen: Signifikante Verbesserung häufiger Asthmaanfälle, Alltagsbeeinträchtigung, Tages- und Nachtsymptome sowie Bedarfsbronchodilatatorgebrauch in der Interventionsgruppe (jeweils p < 0,0001). Für Notaufnahmebehandlung und Hospitalisierung bestand kein signifikanter Gruppenunterschied (p = 0,17). Nachhaltigkeit: Die in der Atemtherapiegruppe erzielten Verbesserungen von MIP, MEP und PEF blieben während der

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
			Nachbeobachtung. Beide Gruppen erhielten monatliche ärztliche Kontrollen und Asthmaschulung.	Ausdauerschulung. Begleitbehandlung: Beide Gruppen erhielten monatlich eine 60-minütige Asthmaschulung und ärztlich angepasste Pharmakotherapie. Die Kontrollgruppe erhielt keine spezifische Atemtherapie/IMT.	Methodische Einordnung: Multimodale Intervention; dadurch kann der isolierte Effekt des IMT nicht von Atemübungen und intensiver Betreuung getrennt werden. Keine Verblindung; kleine Stichprobe. Die im veröffentlichten Abstract angegebene Signifikanzschwelle „p > 0,05“ ist offensichtlich ein redaktioneller Fehler; die berichteten Analysen verwenden p < 0,05.	90-tägigen Nachbeobachtung im Wesentlichen erhalten. Schlussfolgerung: Das kombinierte Programm aus Atemübungen und Threshold-IMT verbesserte respiratorische Muskelkraft, PEF und mehrere symptomorientierte Schweregradvariablen.
Influence of Gender and Inspiratory Muscle Training on the Perception of Dyspnea in Patients With Asthma Chest 2002;122(1):197–201. DOI: 10.1378/chest.122.1.197	Weiner P; Magadle R; Massarwa F; Beckerman M; Berar-M; Yanay N	2002	Population: 44 Erwachsene mit leicht persistierendem bis moderatem Asthma: 22 Frauen und 22 Männer. Interventionspopulation: Nach dem initialen Geschlechtervergleich wurden ausschließlich die 22 Frauen randomisiert einer IMT- oder einer Sham-Trainingsgruppe zugeteilt; die Gruppengrößen werden im Abstract nicht angegeben. Ausgangsproblem: Untersuchung geschlechtsspezifischer Unterschiede der inspiratorischen Muskelkraft, der Dyspnoewahrnehmung und des täglichen β_2 -Agonistengebrauchs.	Intervention: Spezifisches inspiratorisches Muskeltraining bei den randomisierten Frauen. Kontrolle: Sham-Training bei den übrigen randomisierten Frauen. Dauer/Zielsteuerung: Das Training wurde fortgeführt, bis der MIP der Trainingsgruppe das Ausgangsniveau der männlichen Vergleichspersonen erreichte; dies war nach 20 Wochen der Fall. Nicht berichtet: Belastungshöhe, genaue Trainingsfrequenz, Progressionsregeln und Adhärenz werden im RIS-/PubMed-Abstrakt nicht ausgewiesen.	Typ: Kombination aus beobachtendem Geschlechtervergleich und randomisiertem Sham-kontrolliertem Trainingsteil bei Frauen. Zielsetzung: Prüfung, ob niedrigere inspiratorische Muskelkraft zur höheren Dyspnoewahrnehmung und zum höheren β_2 -Agonistengebrauch bei Frauen mit Asthma beiträgt und ob IMT diese Unterschiede vermindern kann. Outcomes: Maximaler inspiratorischer Munddruck (P _{lmax} /MIP), Dyspnoewahrnehmung und mittlerer täglicher β_2 -Agonistengebrauch. Methodische Einordnung: Kleine Stichprobe, Intervention nur bei Frauen, im Abstract keine exakten Gruppenstärken oder Trainingsdetails. Die männliche Gruppe diente als Referenz, nicht als randomisierte Kontrollgruppe. Keine Angaben zu Lungenfunktion, Exazerbationen, Lebensqualität oder Langzeiteffekten.	Ausgangsunterschiede: Frauen wiesen einen signifikant niedrigeren P _{lmax} (p < 0,01), eine stärkere Dyspnoewahrnehmung und einen höheren mittleren täglichen β_2 -Agonistengebrauch als Männer auf. Trainingseffekt: Nach 20 Wochen erreichte der P _{lmax} der IMT-Gruppe das Niveau der männlichen Vergleichsgruppe. Symptome/Medikation: Der Kraftzuwachs war mit einer signifikanten Abnahme der Dyspnoewahrnehmung und des täglichen β_2 -Agonistengebrauchs bis auf ein ähnliches Niveau wie bei den Männern verbunden. Schlussfolgerung: Die Autor:innen interpretieren die Ergebnisse dahingehend, dass Unterschiede der inspiratorischen Muskelkraft einen Teil der beobachteten geschlechtsspezifischen Unterschiede bei Dyspnoe und Bedarfsmedikation erklären könnten. einem randomisierten Studienteil ist keine breite kausale oder generalisierbare Aussage möglich.

2.5 Atemmuskeltraining bei COVID, Post-COVID und Long-COVID

Die Studien untersuchen Atemmuskeltraining meist als Bestandteil kombinierter respiratorischer oder körperlicher Rehabilitation nach COVID-19. Berichtet werden teilweise Verbesserungen von MIP, Lungenfunktion, Gehstrecke, Dyspnoe, Fatigue, Lebensqualität und psychischer Belastung.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Effects of a respiratory and neurological rehabilitation treatment plan in post Covid-19 affected university students. Randomized clinical study Chronic Respiratory Disease 2024;21:14799731241255967; DOI: 10.1177/14799731241255967	Sánchez Milá et al.	2024	220 Personen mit medizinisch diagnostizierter COVID-19-Erkrankung, seit mehr als fünf Monaten bestehenden Beschwerden, Dyspnoe oder wahrgenommener Fatigue sowie Geruchs- und Geschmacksstörungen; 200 schlossen die Studie ab und wurden mit jeweils 100 Personen in Interventions- und Kontrollgruppe ausgewertet.	31-tägiges kombiniertes Heimprogramm; inspiratorisches Training mit POWERbreathe Plus, aerobes Training sowie olfaktorische und gustatorische Neuorehabilitation; die Übungen wurden zu Beginn individuell vermittelt und anschließend weitgehend ohne direkte Supervision zu Hause durchgeführt; die Kontrollgruppe erhielt während der 31 Tage keine spezifische Therapie.	Randomisierte kontrollierte experimentelle Studie mit verblindeter Ergebnisbewertung und Statistik, jedoch unverblindeter Behandlung; primäre Zielrichtung war die Verbesserung von Dyspnoe, Belastungsfähigkeit, Vitalkapazität, Inspirationsmuskelkraft sowie Geruchs- und Geschmackssensitivität; Messungen erfolgten zu Beginn und nach 31 Tagen.	Zwischen den Gruppen wurden signifikante Unterschiede für FVC, FEV ₁ /FVC, maximalen Inspirationsdruck sowie Dyspnoe nach Borg und mMRC berichtet; auch die selbst bewertete Geruchs- und Geschmackswahrnehmung verbesserte sich. Die kombinierte Intervention kann somit respiratorische und chemosensorische Beschwerden beeinflussen.
Practical Recommendations for Exercise Training in Patients with Long COVID with or without Post-exertional Malaise: A Best Practice Proposal Sports Medicine – Open 2024;10:47; DOI: 10.1186/s40798-024-00695-8	Gloeckl et al.	2024	Keine einzelne klinische Patientenkohorte; Grundlage waren 46 publizierte Trainingsstudien zu Menschen mit Long COVID, eine 48-Fragen-Befragung von 14 internationalen Expert:innen aus acht Ländern und die klinische Erfahrung von vier spezialisierten Zentren mit insgesamt mehr als 3500 behandelten Long-COVID-Patient:innen.	Best-Practice-Vorschlag zur individualisierten Bewegungstherapie; bei fehlender PEM kann ein konventionelles, symptombegrenztes Ausdauer- und Krafttraining progressiv aufgebaut werden; bei milder bis moderater PEM wird eine vorsichtige Belastungssteuerung unterhalb der individuellen Symptomschwelle mit Pacing und enger Verlaufskontrolle empfohlen; bei schwerer PEM stehen Energiemanagement, Alltagsaktivitäten und Stabilisierung im Vordergrund, nicht eine schematische Belastungssteigerung.	Aktuelle Stellungnahme beziehungsweise Best-Practice-Proposal auf Basis einer Literaturrecherche in PubMed für Januar 2020 bis Januar 2024, Expertenbefragung und klinischer Erfahrung; Ziel war die Entwicklung praktischer Trainingsstrategien in Abhängigkeit vom Vorliegen und Schweregrad der post-exertionalen Malaise; es handelt sich nicht um eine formale evidenzbasierte Leitlinie mit GRADE-Bewertung.	Die 46 eingeschlossenen Studien verwendeten sehr heterogene Programme; meist wurden drei bis fünf Einheiten pro Woche über drei bis zwölf Wochen durchgeführt. Keine Studie beschrieb ein systematisches PEM-Management; nur 20 von 46 Arbeiten berichteten Sicherheitsdaten, ohne trainingsbezogene unerwünschte Ereignisse, während 57 % die Sicherheit nicht dokumentierten. Die Autor:innen empfehlen daher eine vorherige PEM-Erfassung und eine nach Schweregrad differenzierte Belastungssteuerung.
Effects of a concurrent training, respiratory muscle exercise, and self-management	Jimeno-Almazán et al.	2023	80 nicht hospitalisierte Erwachsene mit Post-COVID-19-Beschwerden nach überwiegend mildem akutem Verlauf;	Interventionsdauer 8 Wochen; Concurrent-Training mit drei supervidierten Einheiten pro Woche aus Ausdauer- und	Randomisierte kontrollierte Vierarm-Parallelstudie; Ziel war der Vergleich der Effekte von allgemeinem körperlichem	Zwischen den vier Gruppen bestand für VO ₂ max kein statistisch signifikanter Gesamteffekt; innerhalb der Trainingsgruppen stieg VO ₂ max jedoch um 7,5 % beim

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
recommendations on recovery from post-COVID-19 conditions: the RECOVE trial Journal of Applied Physiology 2023;134(1):95–104; DOI: 10.1152/japplphysiol.00489.2022			randomisiert auf vier parallele Gruppen: kombiniertes Ausdauer- und Krafttraining n = 20, isoliertes inspiratorisches Muskeltraining n = 17, Kombination beider Interventionen n = 23 und Kontrollgruppe n = 20.	Widerstandstraining bei niedriger bis moderater Intensität; inspiratorisches Muskeltraining in zwei standardisierten täglichen Einheiten; Kombinationsgruppe mit beiden Programmen; Kontrollgruppe mit den WHO-Empfehlungen zur Selbstbehandlung und Rehabilitation nach COVID-19.	Training, isoliertem Atemmuskeltraining, deren Kombination und WHO-Selbstmanagement auf kardiorespiratorische Fitness, Muskelkraft, Dyspnoe, Fatigue, depressive Symptome, Gesundheitszustand und Sicherheit.	Concurrent-Training und um 7,8 % bei der Kombination. Die Kraft der unteren Extremitäten verbesserte sich in diesen Gruppen um 14,5–32,6 %, verglichen mit –0,3 bis 11,3 % unter isoliertem Atemmuskeltraining beziehungsweise Kontrolle. Concurrent-Training mit oder ohne IMT verbesserte Dyspnoe, Fatigue und Gesundheitsstatus; Gruppenunterschiede bei Fatigue und Depression begünstigten diese beiden Arme. Das überwachte allgemeine Training war damit wirksamer als isoliertes IMT oder Selbstmanagement.
Efficacy of home-based inspiratory muscle training in patients post-COVID-19: Protocol for a randomized clinical trial PLOS ONE 2023;18(5):e0279310; DOI: 10.1371/journal.pone.0279310	Gonçalo Silva et al.	2023	Geplant sind sedentäre Erwachsene nach laborbestätigter COVID-19-Erkrankung mit reduzierter inspiratorischer Muskelkraft, ohne zusätzliche chronische Atemwegs- oder Herzerkrankung und mit ausreichender kognitiver Leistungsfähigkeit; die endgültige Fallzahl sollte nach einer Pilotphase mit jeweils fünf Personen pro Gruppe anhand des maximalen Inspirationsdrucks berechnet werden.	Sechswöchiges häusliches IMT mit POWERbreathe; aktive Gruppe zunächst bei 30 % des maximalen Inspirationsdrucks mit wöchentlicher Steigerung um 10 % des initialen Werts; 30 Wiederholungen zweimal täglich an sieben Tagen pro Woche; kurze Haltephase von zwei Sekunden und 30 Sekunden Pause nach jeweils drei Wiederholungen; Sham-Gruppe mit identischem Gerät ohne wirksame Last.	Randomisiertes kontrolliertes doppelt verblindetes Studienprotokoll mit aktiver und Sham-Gruppe; geplante Erhebungen vor dem Training, nach der Intervention und zur Retention nach 24 Wochen; primäre Zielgrößen sind Atemmuskelkraft, Dyspnoe und Lebensqualität; sekundär Lungenfunktion, Belastungswahrnehmung, Bewegungstoleranz, Handkraft, Angst, Depression und funktioneller Status; Registrierung NCT05077241.	Als Studienprotokoll enthält die Publikation keine Wirksamkeits- oder Sicherheitsresultate. Das Design ermöglicht grundsätzlich eine kontrollierte Prüfung eines progressiven häuslichen IMT; zum Publikationszeitpunkt waren Stichprobengröße und tatsächliche Rekrutierung noch nicht abschließend festgelegt.
Home-based respiratory muscle training on quality of life and exercise tolerance in long-term post-COVID-19: Randomized controlled trial Annals of Physical and Rehabilitation Medicine 2023;	Del Corral et al.	2023	88 Personen mit anhaltender Fatigue und Dyspnoe nach COVID-19, randomisiert auf vier Gruppen.	Acht Wochen häusliches, per Telerehabilitation überwachtes inspiratorisches Muskeltraining, kombiniertes inspiratorisches und expiratorisches Training oder jeweiliges Sham-Training; 40 Minuten täglich an sechs Tagen pro Woche.	Vierarmige randomisierte Sham-kontrollierte Studie; primäre Endpunkte waren EuroQoL-5D und Ruffier-Test, sekundär Atemmuskelkraft und -ausdauer, Extremitätenkraft, Spirometrie und psychischer Status.	Nur das kombinierte Atemmuskeltraining verbesserte die Lebensqualität gegenüber Sham deutlich, nicht jedoch die Belastungstoleranz. Reales IMT und kombiniertes Training steigerten Inspirationskraft, Inspirationsausdauer und Beinkraft; nur das kombinierte Training erhöhte zusätzlich Expirationskraft und Peak-Flow. Lungenfunktion und psychische Endpunkte änderten sich nicht wesentlich.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
DOI: 10.1016/j.j.rehab.2022.101709						
Effect of a home-based inspiratory muscle training programme on functional capacity in postdischarged patients with long COVID: the InsCOVID trial. BMJ Open Respiratory Research. DOI: 10.1136/bmjresp-2022-001439	Palau et al.	2022	26 Personen mit Long COVID nach stationär behandelter SARS-CoV-2-Pneumonie; im Mittel etwa 362 Tage nach Entlassung, 42 % Frauen.	12 Wochen häusliches Threshold-IMT zweimal täglich mit Zwerchfellatmung versus alleinige übliche Versorgung.	Monozentrische randomisierte Studie mit verblindeter Ergebnisbeurteilung; Therapeut:in und Teilnehmende nicht verblindet. Primär: Peak-VO ₂ ; sekundär Lebensqualität, ventilatorische Effizienz und chronotrope Reaktion.	Peak-VO ₂ verbesserte sich gegenüber üblicher Versorgung um 4,46 ml/kg/min (95%-KI 3,10–5,81; p<0,001). Auch chronotroper Index und einzelne QoL-Dimensionen besserten sich; ventilatorische Effizienz nicht.
Effect of a home-based inspiratory muscle training programme on functional capacity in postdischarged patients with long COVID: the InsCOVID trial BMJ Open Respiratory Research 2022;9:e001439; DOI: 10.1136/bmjresp-2022-001439	Palau et al.	2022	26 Erwachsene mit Long COVID und vorausgegangener stationärer Behandlung wegen SARS-CoV-2-Pneumonie; Beschwerden bestanden länger als 3 Monate; mittleres Alter 50,4 ± 12,2 Jahre; 11 Personen waren weiblich; die erste Studienvsiste erfolgte im Mittel 362 ± 105 Tage nach Entlassung.	12-wöchiges häusliches inspiratorisches Muskeltraining mit einem Threshold-IMT-Gerät; Widerstand zu Beginn und nach wöchentlicher Kontrolle auf 25–30 % des jeweils gemessenen maximalen Inspirationsdrucks eingestellt; zweimal täglich jeweils 20 Minuten; diaphragmale Atmung während der Einheiten; die Vergleichsgruppe erhielt die übliche Versorgung ohne zusätzliche Trainingsintervention.	Monozentrische randomisierte kontrollierte Überlegenheitsstudie mit verblindeter Endpunkterhebung; Teilnehmende und behandelnde Physiotherapeut:innen waren nicht verblindet; primärer Endpunkt war die Veränderung der maximalen Sauerstoffaufnahme, sekundär wurden Lebensqualität, ventilatorische Effizienz und chronotrope Reaktion während der Belastung untersucht.	Das IMT erhöhte die peakVO ₂ gegenüber der üblichen Versorgung um 4,46 ml/kg/min, 95%-KI 3,10 bis 5,81; p < 0,001. Zusätzlich verbesserten sich der chronotrope Index und einzelne Dimensionen der Lebensqualität; für die ventilatorische Effizienz zeigte sich kein signifikanter Unterschied. Die Ergebnisse sprechen für einen Nutzen bei körperlicher Leistungsfähigkeit und ausgewählten Lebensqualitätsaspekten.
Inspiratory muscle training enhances recovery post-COVID-19: a randomised controlled trial European Respiratory Journal 2022;60(4):2103101; DOI: 10.1183/13993003.03101-2021	McNarry et al.	2022	281 Erwachsene mit selbst berichteter vorausgegangener COVID-19-Erkrankung und anhaltenden Beschwerden im Mittel 9,0 ± 4,2 Monate nach der Akutinfektion; mittleres Alter 46,6 ± 12,2 Jahre; 88 % weiblich; Randomisierung im Verhältnis 4:1 auf IMT n = 224 und Wartelistenkontrolle n = 57; in beiden Armen bestand ein hoher Studienabbruch.	Achtwöchiges häusliches IMT mit einem handgehaltenen inspiratorischen Widerstandsgerät, das über eine App grafisches Biofeedback bereitstellte; drei nicht supervidierte Einheiten pro Woche an nicht aufeinanderfolgenden Tagen; Vergleich mit üblicher Versorgung und Warteliste ohne aktives Training während des Studienzeitraums.	Randomisierte kontrollierte Studie; primärer Endpunkt war der Gesamtscore des King's Brief Interstitial Lung Disease Questionnaire; zentrale sekundäre Endpunkte waren dessen Domänen Atemnot und Brustsymptome, Transition Dyspnoea Index, inspiratorische Muskelkraft und geschätzte aerobe Fitness im Chester Step Test.	Für den primären K-BILD-Gesamtscore bestand nach der Intervention kein signifikanter Gruppenunterschied. Das IMT führte jedoch zu klinisch bedeutsamen Verbesserungen in den K-BILD-Domänen Atemnot und Brustsymptome sowie im Transition Dyspnoea Index; auch inspiratorische Muskelkraft und geschätzte aerobe Fitness nahmen zu. IMT kann somit einzelne Symptome und physiologische Parameter verbessern.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Pulmonary and Functional Rehabilitation Improves Functional Capacity, Pulmonary Function and Respiratory Muscle Strength in Post COVID-19 Patients: Pilot Clinical Trial International Journal of Environmental Research and Public Health, 19(22), 14899, 2022; DOI: 10.3390/ijerph192214899	Hockele et al.	2022	29 Personen mit anhaltenden Beschwerden nach COVID-19.	16 Sitzungen eines kombinierten pulmonalen und funktionellen Rehabilitationsprogramms.	Klinische Pilotstudie ohne im RIS-Abstract beschriebene Kontrollgruppe; untersucht wurden Sechs-Minuten-Gehtest, Spirometrie, Atemmuskulaturkraft und Lebensqualität.	Nach der Rehabilitation verbesserten sich funktionelle Kapazität, Lungenfunktionsparameter und Atemmuskulaturkraft signifikant. Aufgrund der kleinen Stichprobe, des Pilotcharakters und der fehlenden klar beschriebenen Kontrolle kann eine natürliche Erholung nicht sicher ausgeschlossen werden.
Wirksamkeit von Inspirationsmuskeltraining in der pneumologischen Rehabilitation bei Post-Covid-19-Patienten Pneumologie 2021;75, Kongressabstract; DOI: 10.1055/s-0041-1723362	Merkel et al.	2021	108 Post-COVID-19-Patient:innen in einer dreiwöchigen pneumologischen Rehabilitation; 45,4 % weiblich; mittleres Alter 55 ± 9,6 Jahre, Spannweite 33–86 Jahre; mittlerer BMI 30 ± 6,0 kg/m²; 28 Personen ohne Kontraindikationen und überwiegend mit reduziertem P _{lmax} erhielten IMT, 80 Personen erhielten kein IMT.	Tägliches inspiratorisches Muskeltraining als Zusatz zum routinemäßigen Post-COVID-Rehabilitationsprogramm; wöchentliche Supervision; IMT wurde nur bei reduziertem maximalem Inspirationsdruck und ohne klinische Hinweise auf Thrombose beziehungsweise erhöhte D-Dimere verordnet; die genaue Geräte- und Belastungsdosierung wird im Abstract nicht angegeben.	Prospektive nicht randomisierte Vergleichsbeobachtung im Rahmen stationärer Rehabilitation; Messungen bei Aufnahme und Entlassung umfassten P _{lmax} , Vitalkapazität, 6-Minuten-Gehstrecke sowie Fragebögen zu Dyspnoe, Fatigue, Lebensqualität und Angst; die Gruppe ohne IMT war ausdrücklich nur ein orientierender Vergleich und keine kontrollierte Studiengruppe.	Der P _{lmax} stieg in der IMT-Gruppe signifikant an, während sich in der Gruppe ohne IMT keine relevante Veränderung zeigte. Vitalkapazität, Dyspnoe, Lebensqualität und 6-Minuten-Gehstrecke verbesserten sich in beiden Gruppen in vergleichbarem Ausmaß. Die Daten geben damit einen Hinweis auf einen zusätzlichen Effekt auf die Inspirationsmuskulaturkraft, belegen aber keinen Zusatznutzen für Symptome oder Leistungsfähigkeit.
Physical Therapist Management of COVID-19 in the Intensive Care Unit: The West China Hospital Experience Physical Therapy 2021;101(1):pzaa198; online 2020; DOI: 10.1093/ptj/pzaa198	Li et al.	2020 online / 2021 print	16 Patient:innen mit schwerem oder kritischem COVID-19 auf einer Intensivstation; alle hatten mindestens eine Begleiterkrankung; mediane Krankenhausverweildauer 27 Tage und ICU-Verweildauer 15 Tage; drei Personen wurden mechanisch beatmet und bei instruktionsabhängigen	Individuell ausgewählte physiotherapeutische Maßnahmen während des ICU-Aufenthalts; Lagerung und Positionierung, Atemwegsclearance, oszillierender positiver expiratorischer Druck, inspiratorisches Muskeltraining sowie Mobilisations- und Kräftigungsübungen; parallel erfolgte die	Deskriptiver klinischer Erfahrungsbericht beziehungsweise prospektive Fallserie ohne Kontrollgruppe; respiratorische, muskuläre und funktionelle Parameter wurden zu Beginn der physiotherapeutischen Behandlung und bei ICU-Entlassung erfasst; Ziel war die Darstellung eines neu aufgebauten	Bei ICU-Entlassung lagen viele Messwerte bei der Mehrzahl der Patient:innen nahe dem Normbereich; dennoch hatten 61 % einen Peak-Expiratory-Flow und 31 % einen maximalen Inspirationsdruck unter 80 % des Sollwerts, während 46 % im De Morton Mobility Index unter dem Normbereich lagen. Die Maßnahmen wurden als sicher beschrieben und die Funktionen verbesserten sich im Verlauf.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
			Funktionsmessungen ausgeschlossen, sodass diese Outcomes bei 13 Patient:innen erhoben wurden.	reguläre medikamentöse und intensivmedizinische Behandlung.	physiotherapeutischen Versorgungskonzepts und der funktionellen Entwicklung.	
Respiratory rehabilitation in elderly patients with COVID-19: A randomized controlled study. Complementary Therapies in Clinical Practice. DOI: 10.1016/j.ctcp.2020.101166	Liu et al.	2020	72 ältere Patient:innen mit COVID-19 nach klinischer Besserung/Entlassungskontext; 36 erhielten respiratorische Rehabilitation, 36 keine Rehabilitationsintervention. Zielprobleme: Einschränkungen der Lungenfunktion, körperlichen Funktion, Lebensqualität und psychischen Gesundheit.	6-wöchiges respiratorisches Rehabilitationsprogramm: Atemmuskultraining mit Threshold PEP bei 60% des individuellen maximalen expiratorischen Munddrucks, Hustenübungen, Diaphragmatraining mit 1-3 kg Widerstand auf der Bauchwand, Dehnübungen der Atemmuskulatur sowie Heimübungen mit Lippenbremse und Hustentraining. Im RIS: 2 Sitzungen/Woche über 6 Wochen und tägliche 10-minütige Übungen.	Publikationstitel nennt eine randomisierte kontrollierte Studie; der Abstract beschreibt eine prospektive quasi-experimentelle Studie. Ziel: Effekt einer 6-wöchigen respiratorischen Rehabilitation auf Lungenfunktion, 6-Minuten-Gehtest, SF-36-Lebensqualität, Functional Independence Measure sowie Angst-/Depressionsscores (SAS/SDS) bei älteren COVID-19-Patient:innen untersuchen.	Nach 6 Wochen zeigten sich signifikante Verbesserungen in FEV1, FVC, FEV1/FVC, DLCO und 6-Minuten-Gehtest sowie in allen acht SF-36-Dimensionen. Angstwerte verbesserten sich signifikant innerhalb der Interventionsgruppe und zwischen Gruppen; Depressionswerte verbesserten sich weniger deutlich. Schlussfolgerung: respiratorische Rehabilitation kann bei älteren COVID-19-Patient:innen Lungenfunktion, körperliche Leistungsfähigkeit, Lebensqualität und Angst reduzieren.

2.6 Atemmuskultraining bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Herzinsuffizienz und Blutdruck

Die Arbeiten betreffen Herzinsuffizienz, ischämische Herzerkrankung, Hypertonie und frühe kardiale Rehabilitation. IMT verbessert in vielen Studien die inspiratorische Muskelkraft; bei Patientinnen und Patienten mit nachgewiesener Schwäche werden zudem häufig bessere Belastbarkeit, weniger Dyspnoe und eine günstigere Lebensqualität beobachtet. Einzelne Untersuchungen berichten Veränderungen von Herzfrequenzvariabilität, arterieller Steifigkeit, peripherem Blutfluss oder Blutdruck.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Effects of Different Inspiratory Muscle Training Protocols on Exercise Capacity, Respiratory Muscle Strength, and Health-Related Quality of Life in Patients with Hypertension. International	Hüzmeli et al.	2024	45 Patient:innen mit arterieller Hypertonie, mittleres Alter 58,4 Jahre; 7 Frauen/38 Männer; je n=15 pro Gruppe.	POWERbreathe Classic LR an 7 Tagen/Woche über 8 Wochen: Kontroll-/Minimalbelastung 10 % MIP, niedrige Last 30 % MIP, hohe Last 50 % MIP.	Randomisierte kontrollierte Dreiarmsstudie. Outcomes: Belastbarkeit, Atem- und periphere Muskelkraft, Lungenfunktion, körperliche Aktivität, HRQoL, Dyspnoe, Fatigue, Depression und Schlafqualität.	30- und 50%-Training verbesserten Belastbarkeit, körperliche Funktion, periphere Kraft und Ruhedyspnoe gegenüber 10 %. MIP und PEF stiegen in allen Gruppen; die Hochlastgruppe zeigte den größten Zuwachs der körperlichen Aktivität und ausgeprägte HRQoL-Vorteile. Depression, Fatigue und Schlaf zeigten keine klaren Gruppenunterschiede.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Journal of Clinical Practice. DOI: 10.1155/2024/4136457						
Effects of high intensity interval-based inspiratory muscle training in patients with heart failure: A single-blind randomized controlled trial DOI: 10.1016/j.hrtlng.2023.05.011	Tanriverdi et al.	2023	34 Patient:innen mit Herzinsuffizienz und reduzierter Ejektionsfraktion (HFrEF).; Randomisierung in hochintensives intervallbasiertes IMT und Kontrollgruppe.	H-IMT: mindestens 70 % MIP, 3×/Woche über 8 Wochen.; Je Sitzung 7 Sätze/insgesamt 21 min: 2 min Training, 1 min Pause.; Kontrollgruppe: unbelastetes IMT.	Einfach verblindete randomisierte kontrollierte Studie.; Ziel: Effekte hochintensiven Intervall-IMT auf kardiovaskuläre, pulmonale, körperliche und psychosoziale Funktionen.; Outcomes u. a. Herzfrequenzvariabilität, arterielle Steifigkeit, Muskelkraft/-ausdauer, Zwerchfelldicke, funktionelle Kapazität, Frailty, Dyspnoe, Fatigue und Lebensqualität.	Zwischengruppenunterschiede zugunsten H-IMT bei Herzfrequenzvariabilität, arterieller Steifigkeit, inspiratorischer und Quadrizepskraft, Atemmuskelausdauer, Zwerchfelldicke, funktioneller Kapazität, Frailty, Dyspnoe, Fatigue und Lebensqualität.; Die Studie unterstützt ein zeitlich kompaktes, hochintensives Intervallprotokoll bei HFrEF.
Effects of Respiratory Muscle Training on Exercise Capacity, Quality of Life, and Respiratory and Pulmonary Function in People With Ischemic Heart Disease: Systematic Review and Meta-Analysis DOI: 10.1093/ptj/pzad164	Fabero-Garrido et al.	2023	13 randomisierte kontrollierte Studien mit insgesamt 849 Personen mit ischämischer Herzerkrankung.; Einschluss unabhängig von Alter und Geschlecht; Vergleich von Atemmuskeltraining mit passiver Kontrolle und/oder Sham-Training.	Respiratorisches Muskeltraining, überwiegend inspiratorisches Muskeltraining (IMT), mit in den Primärstudien variierenden Geräten, Intensitäten und Trainingszeiträumen.; Kontrollen: keine aktive respiratorische Intervention oder Sham-RMT.	Systematischer Review und Meta-Analyse; Recherche in MEDLINE, Web of Science, Scopus, PEDro, CINAHL, ScienceDirect und CENTRAL bis Januar 2023.; Qualitätsbewertung mit PEDro-Skala und Cochrane Risk-of-Bias-Tool.; Zielgrößen: funktionelle Belastbarkeit, gesundheitsbezogene Lebensqualität, inspiratorische/expiratorische Muskelfunktion und Lungenfunktion.	Signifikante Verbesserungen: $VO_{2peak} +2,18 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (95-%-KI 0,54–3,83), inspiratorische Muskelkraft +16,62 cmH_2O (12,48–20,77), inspiratorische Ausdauer SMD 0,39 (0,19–0,60), expiratorische Muskelkraft +14,52 cmH_2O (5,51–23,53).; Kein gesicherter Vorteil für 6-Minuten-Gehstrecke (+37,57 m; 95-%-KI –36,34 bis 111,48), Lebensqualität, FVC oder FEV ₁ .
Ventilatory Muscle Training for Early Cardiac Rehabilitation Improved Functional Capacity and Modulated Vascular Function of Individuals Undergoing Coronary Artery Bypass Grafting: Pilot Randomized Clinical Trial.	Eibel et al.	2022	15 Patient:innen nach Koronararterien-Bypassoperation, mittleres Alter 62,7 Jahre; Handgrip n=5, ventilatorisches Training n=4, Kontrolle n=6.	Eine Woche frühe stationäre Rehabilitation, zweimal täglich 20 Minuten: POWERbreathe-Ventilationsmuskeltraining, isometrisches Handgrip-Training oder konventionelle respiratorische/motorische Physiotherapie.	Pilot-RCT. Outcomes: 6-Minuten-Gehstrecke und endotheliale Funktion mittels brachialer flussvermittelter Dilatation/Blutfluss vor und etwa 7 Tage nach CABG.	Die VMT-Gruppe erhöhte die 6MWD um etwa 39 m (p=0,052), während die Kontrolle deutlich abnahm; FMD blieb im VMT-Arm im Wesentlichen erhalten, und der mittlere basale Blutfluss veränderte sich. Autoren sprechen von verbesserter akuter Funktion und modulierter Gefäßfunktion.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
International Journal of Environmental Research and Public Health. DOI: 10.3390/ijerph19159340						
The Need for Breathing Training Techniques: The Elephant in the Heart Failure Cardiac Rehabilitation Room: A Randomized Controlled Trial DOI: 10.3390/ijerph192214694	Farghaly et al.	2022	40 Patient:innen mittleren Alters mit chronischer Herzinsuffizienz (CHF) und respiratorischen Symptomen.; Randomisierung 1:1: Standard-kardiale Rehabilitation plus Atemtraining (n=20) vs. Standard-Rehabilitation allein (n=20).	Beide Gruppen: 12-wöchige multimodale kardiale Rehabilitation mit aerobem Training 3×/Woche, 45–55 min bei 60–75 % der maximalen Herzfrequenz sowie Schulung, Ernährungs- und psychologischer Beratung.; Interventionsgruppe zusätzlich: inspiratorisches Muskeltraining (IMT) und Atemgymnastik/„breathing calisthenics“, 6×/Woche, 15–25 min über 12 Wochen.	Zweiarmige, parallelgruppige randomisierte kontrollierte Studie.; Ziel: Prüfung, ob die Ergänzung eines strukturierten Atemtrainings die respiratorischen, kardiovaskulären und kardiopulmonalen Effekte einer Standard-Rehabilitation bei CHF verstärkt.; Primäre Zielgrößen: respiratorische Parameter; sekundär: kardiovaskuläre und kardiopulmonale Parameter.	In beiden Gruppen verbesserten sich respiratorische sowie die meisten kardiovaskulären/kardiopulmonalen Endpunkte; die prozentualen Veränderungen waren in der kombinierten Gruppe überwiegend größer (p<0,05).; Die Autor:innen werten Atemtraining als patientenzentrierte Ergänzung der kardialen Rehabilitation.
A randomized controlled trial of high-intensity interval training and inspiratory muscle training for chronic heart failure patients with inspiratory muscle weakness DOI: 10.1177/1742395320920700	Sadek et al.	2022 (online 2020)	40 Patient:innen mit stabiler chronischer Herzinsuffizienz, LVEF $\leq$ 45 % und inspiratorischer Muskelschwäche (MIP < 70 % Soll).; Randomisierung in vier Gruppen: HI-AIT, IMT, Kombination HI-AIT+IMT und Kontrolle.	Drei Trainingseinheiten pro Woche über 12 Wochen.; HI-AIT: hochintensives aerobes Intervalltraining; IMT: spezifisches inspiratorisches Muskeltraining; Kombinationsgruppe erhielt beide Verfahren.	Vierarmige randomisierte kontrollierte Studie.; Ziel: Prüfung eines additiven Nutzens der Kombination gegenüber HI-AIT oder IMT allein.; Outcomes: inspiratorische Muskelfunktion, Belastungsleistung und Lebensqualität.	Die Kombination führte zu zusätzlichen Verbesserungen der respiratorischen Muskelfunktion, Trainingsleistung und Lebensqualität gegenüber den jeweiligen Einzelinterventionen.; Fazit: Bei CHF mit nachgewiesener inspiratorischer Muskelschwäche kann die Kombination zentraler und respiratorischer Trainingsreize günstiger sein als Monotherapie.
Effects of Inspiratory Muscle Training in Patients With Class III and IV Heart Failure	Andrade et al.	2022	20 Patient:innen mit fortgeschrittener Herzinsuffizienz, funktionelle Klasse III–IV.; Keine Kontrollgruppe im Abstract ausgewiesen.	IMT über 6 Wochen, 3×/Woche, 30 min.; Last 40 % MIP; 5 Sätze zu je 10 Wiederholungen mit 1–2 min Pause.	Einarmige klinische Prä-Post-Interventionsstudie.; Ziel: Effekte auf funktionelle Kapazität und Lebensqualität.; Messungen: Minnesota Living with Heart	Signifikante Prä-Post-Verbesserungen bei 6MWT, Herz- und Atemfrequenz, Borg-Skala, Atemmuskelfkraft, systolischem/diastolischem Blutdruck und Lebensqualität

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
DOI: 10.1016/j.cpcardiol.2022.101307					Failure Questionnaire, 6MWT, Vitalparameter und Manovakuometrie vor/nach Intervention.	(p<0,01).; Die Autor:innen empfehlen IMT als Bestandteil der Rehabilitation bei NYHA III–IV.
A comparison of the effects of inspiratory muscle strength and endurance training ... in pacemaker patients with heart failure: A randomized study DOI: 10.1016/j.hrtlng.2022.04.006	Katayıfçı et al.	2022	32 Patient:innen mit Herzinsuffizienz und implantiertem Schrittmacher/ICD/CRT.; IMT-Kraftgruppe n=14 (3 Frauen/11 Männer; 56,9±7,6 J.; EF ca. 25 %); IMT-Ausdauergruppe n=18 (4 Frauen/14 Männer; 56,0±10,8 J.; EF ca. 30 %).	Inspiratorisches Krafttraining (IMST): 50 % MIP.; Inspiratorisches Ausdauertraining (IMET): 30 % MIP.; Beide Protokolle 7 Tage/Woche über 8 Wochen.	Randomisierte, kontrollierte, doppelblinde aktive Vergleichsstudie; keine unbehandelte Kontrollgruppe.; Outcomes: 6MWT, Incremental Shuttle Walk Test, MIP/MEP, Atemmuskelausdauer, periphere Kraft, Lungenfunktion, Dyspnoe, Fatigue, Lebensqualität und Aktivitätsniveau.	In beiden Gruppen signifikante Verbesserungen bei MIP, MEP, Atemmuskelausdauer, peripherer Kraft, 6MWT/ISWT, Dyspnoe, Fatigue, Lebensqualität und körperlicher Aktivität.; Keine signifikanten Unterschiede zwischen Kraft- und Ausdauerprotokoll; FEV ₁ , FVC, FEV ₁ /FVC und FEF25–75 verbesserten sich nicht signifikant.; Beide Protokolle wurden als sicher und wirksam bewertet.
The results of inspiratory muscle training on cardiac, respiratory, musculoskeletal, and psychological status in patients with stable angina: a randomized controlled trial Disability and Rehabilitation, 45(24), 4074–4085, 2022; DOI: 10.1080/09638288.2022.2146767	Huzmeli et al.	2022	40 Patientinnen und Patienten mit stabiler Angina pectoris.	Acht Wochen inspiratorisches Muskeltraining an sieben Tagen pro Woche; Vergleich einer niedrigen Last von 10 cmH ₂ O mit 30 Prozent des maximalen Inspirationsdrucks.	Randomisierte, einfach verblindete kontrollierte Studie; untersucht wurden Atem- und periphere Muskelkraft, Belastbarkeit, Lungenfunktion, Lebensqualität, Fatigue, Depression und kardiale Funktion.	Beide Trainingsansätze verbesserten Atem- und periphere Muskelkraft, Lungenfunktion und funktionelle Belastbarkeit. Für Fatigue, Depression, Lebensqualität und kardiale Funktion ergaben sich keine bedeutsamen Gruppenunterschiede. IMT erscheint sicher und als Bestandteil kardio-pulmonaler Rehabilitation sinnvoll; die Studie zeigt jedoch keine Überlegenheit bei psychischen Endpunkten.
Time-Efficient Inspiratory Muscle Strength Training Lowers Blood Pressure and Improves Endothelial Function, NO Bioavailability, and Oxidative Stress in Midlife/Older Adults With Above-Normal Blood Pressure. Journal of the American Heart	Craighead et al.	2021	36 Erwachsene im Alter 50–79 Jahre mit systolischem Blutdruck ≥ 120 mmHg; Hochwiderstands-IMST n=18, Sham n=18.	6 Wochen, 30 Atemzüge/Tag an 6 Tagen/Woche; aktiv 75 % MIP, Sham 15 % MIP.	Doppelblinde randomisierte Sham-kontrollierte Studie. Outcomes: Praxis- und 24-h-Blutdruck, brachiale flussvermittelte Dilatation, arterielle Steifigkeit, NO-Bioverfügbarkeit, oxidativer Stress, CRP und Metabolomik; 6-Wochen-Follow-up.	Adhärenz etwa 95 %. Systolischer Blutdruck sank von 135 auf 126 mmHg; rund 75 % des Effekts blieben 6 Wochen erhalten. 24-h-SBP war niedriger, FMD stieg um etwa 45 %, NO-Signalwege besserten sich und oxidative Aktivität nahm ab; arterielle Steifigkeit unverändert.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Association. DOI: 10.1161/jaha.121.020980						
Application of Inspiratory Muscle Training to Improve Physical Tolerance in Older Patients with Ischemic Heart Failure DOI: 10.3390/ijerph182312441	Piotrowska et al.	2021	90 klinisch stabile Patient:innen (40 Frauen/50 Männer), 61–75 Jahre, Herzinsuffizienz infolge Myokardischämie/Myokardinfarkt; ≤ 4 Wochen nach Krankenhausentlassung.; Drei randomisierte Gruppen: kardiale Rehabilitation + IMT, kardiale Rehabilitation allein, IMT allein.	8 Wochen. Kardiale Rehabilitation: 5×/Woche je 45 min; allgemeine Fitness- und Kraftübungen 2×/Woche, Ergometer- Intervalltraining 3×/Woche.; IMT mit Threshold IMT 5×/Woche (4 Heimsitzungen, 1 beaufsichtigte Sitzung); Beginn bei 30 % P _{lmax} mit 2×5 min/Tag, progressive Steigerung von Dauer und Last bis etwa 60 % P _{lmax} .	Einfach randomisierte, dreiarmlige kontrollierte Studie.; Ziel: Effekte von IMT allein und zusätzlich zur Standard-Rehabilitation auf Belastungstoleranz, Spirometrie und inspiratorische Muskelkraft.; Primär: symptomlimitierter Laufbandtest (modifiziertes Bruce-Protokoll), Lungenfunktion und P _{lmax} .	Kombinierte CR+IMT führte zu Verbesserungen bei der Mehrzahl hämodynamischer, lungenfunktioneller und atemmuskulärer Parameter; Belastungstoleranz stieg bei nur geringer Änderung der Spitzenherzfrequenz.; P _{lmax} nahm in den IMT-haltigen Gruppen zu; mehrere Ventilationsparameter verbesserten sich gegenüber CR allein. IMT allein verbesserte jedoch die Belastungstoleranz weniger konsistent als die rehabilitativen Gruppen.
Inspiratory Muscle Training in Patients With Heart Failure: What Is New? Systematic Review and Meta-Analysis DOI: 10.1093/ptj/pzaa171	Azambuja et al.	2020	14 randomisierte Studien mit Herzinsuffizienz; 13 in der Meta-Analyse.; 10 Studien zu isoliertem IMT, 3 zu IMT in Kombination mit einer weiteren Intervention; Subgruppen nach inspiratorischer Muskelschwäche, Last und Dauer.	Isoliertes IMT oder kombiniertes IMT gegenüber Kontrolle, Placebo oder anderer Intervention.; Trainingsprotokolle variierten; höhere Lasten und längere Interventionen wurden gesondert analysiert.	Systematischer Review und Meta-Analyse; MEDLINE, EMBASE, CENTRAL, PEDro und LILACS bis September 2019.; Ziel: Effekte auf MIP, funktionelle Kapazität, Lungenfunktion, Lebensqualität und Dyspnoe sowie Identifikation geeigneter Patientengruppen und Dosierungen.	Isoliertes IMT: MIP +25,12 cmH ₂ O (95%-KI 15,29–34,95), 6MWT +81,18 m (9,73–152,63), VO ₂ max nach 12 Wochen +3,75 ml/kg/min (2,98–4,51), Lebensqualität +20,68 Punkte (–29,03 bis +12,32; niedrigere Scores günstiger).; Inspiratorische Muskelschwäche, höhere Lasten und längere Dauer waren mit größeren MIP-Zuwächsen verbunden.; Kombiniertes IMT zeigte in der gepoolten Analyse nur einen kleinen Zusatzgewinn bei MIP. Isoliertes, höher belastetes IMT erscheint besonders für Patient:innen mit inspiratorischer Schwäche oder fehlender Teilnahme an konventioneller Rehabilitation sinnvoll.
Current insights of inspiratory muscle training on the cardiovascular system: a systematic review with meta-analysis	Cipriano et al.	2019	10 kontrollierte Studien mit insgesamt 267 Teilnehmenden. Untersucht wurden Menschen mit chronischer Nierenerkrankung, Hypertonie, metabolischem Syndrom, chronischer	Inspiratorisches Muskeltraining mit überwiegend 30 % des maximalen Inspirationsdrucks oder mit mindestens 50 % des maximalen Inspirationsdrucks. Die Programme dauerten ein bis zwölf Wochen,	Systematischer Review mit Meta-Analyse kontrollierter klinischer Studien. Ausgewertet wurden inspiratorische Muskelkraft sowie Herzfrequenz, systolischer und diastolischer Blutdruck und Parameter der	Über alle Studien erhöhte inspiratorisches Muskeltraining den maximalen Inspirationsdruck um 27,57 cmH ₂ O (95%-KI 18,48–37,45). Niedrige und moderat bis hohe Trainingsintensitäten zeigten vergleichbare Zuwächse der inspiratorischen Kraft. In der Gesamtanalyse veränderten sich

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Integrated Blood Pressure Control 2019;12:1–11; DOI: 10.2147/IBPC.S159386			Herzinsuffizienz, Diabetes oder obstruktiver Schlafapnoe sowie gesunde ältere Erwachsene und gesunde Frauen.	umfassten zwei bis sieben Trainingstage pro Woche und Sitzungen von 15 bis 30 Minuten; die Last wurde in den Studien regelmäßig an den neu gemessenen maximalen Inspirationsdruck angepasst.	Herzfrequenzvariabilität; zusätzlich erfolgten Subgruppenanalysen nach Trainingsintensität.	Ruheherzfrequenz sowie systolischer und diastolischer Blutdruck nicht signifikant. In den Intensitäts-Subgruppen war niedrig intensives Training mit einer Reduktion der Ruheherzfrequenz um 7,59 Schläge pro Minute verbunden; moderat bis hoch intensives Training reduzierte den diastolischen Blutdruck um 8,29 mmHg und beeinflusste das Verhältnis niedriger zu hoher Frequenzanteile der Herzfrequenzvariabilität. Die Meta-Analyse bestätigt damit einen deutlichen Kraftzuwachs und beschreibt intensitätsabhängige kardiovaskuläre Begleiteffekte.
Daily inspiratory muscle training lowers blood pressure and vascular resistance in healthy men and women. Experimental Physiology. DOI: 10.1113/ep086641	DeLucia et al.	2018	25 freizeitaktive gesunde Erwachsene, randomisiert zu aktivem IMT (n=12) oder Sham (n=13); Männer und Frauen.	30 Atemzüge/Tag an 5 Tagen/Woche über 6 Wochen; aktive Last 75 % P _{Imax} , Sham 15 % P _{Imax} .	Randomisierte Sham-kontrollierte Interventionsstudie. Erfasst wurden P _{Imax} , Ruheblutdruck, Herzzeitvolumen, Herzfrequenz, Baroreflexsensitivität, systemischer Gefäßwiderstand sowie Stress- und Schläfrigkeitssymptome.	Aktives IMT senkte systolischen/diastolischen Blutdruck um 4,3/3,9 mmHg und den systemischen Gefäßwiderstand um 3,5 mmHg·min ⁻¹ —1. Herzzeitvolumen, Herzfrequenz und spontane Baroreflexsensitivität änderten sich nicht. Stressbezogene Symptome nahmen ab. Ergebnis spricht für einen vaskulären, nicht primär kardialen Mechanismus.
Best mode of inspiratory muscle training in heart failure patients: a systematic review and meta-analysis DOI: 10.1177/2047487318792315	Sadek et al.	2018	7 randomisierte kontrollierte Studien mit insgesamt 203 Patient:innen mit chronischer Herzinsuffizienz.; Trainingshäufigkeit 3, 6 oder 7×/Woche; Intensität 30–60 % des maximalen inspiratorischen Drucks (MIP); Dauer 6–12 Wochen.	Inspiratorisches Muskeltraining mit unterschiedlichen Belastungen, Frequenzen und Gesamtdauern.; Besonders untersucht wurde die Kombination aus Trainingslast, Sitzungsfrequenz und Interventionsdauer.	Systematischer Review und Meta-Analyse; Literaturrecherche 1998–2016 in PubMed, Cochrane und Referenzlisten.; Methodische Qualität der RCTs mit PEDro-Skala bewertet.; Ziel: Wirksamkeit auf MIP, funktionelle Kapazität und Dyspnoe sowie Ableitung eines günstigen Trainingsmodus.	MIP, Gehstrecke und Dyspnoe verbesserten sich in den eingeschlossenen Studien.; Die stärksten konsistenten Effekte wurden für 60 % MIP, 6 Trainingstage/Woche und 12 Wochen berichtet.
Inspiratory muscle training in stroke patients with congestive heart failure: A CONSORT-compliant prospective randomized single-blind controlled trial	Chen et al.	2016	41 Patient:innen nach Schlaganfall mit kongestiver Herzinsuffizienz eingeschlossen; 21 schlossen ab (IMT n=11, Kontrolle n=10).; Studienzentrum in Südtaiwan; hohe Drop-out-Rate.	Beide Gruppen: konventionelle Schlaganfallrehabilitation.; IMT zusätzlich: Start bei 30 % MIP, wöchentliche Steigerung um 2 cmH ₂ O; 30 min täglich, ≥ 5 Tage/Woche, 10 Wochen.	Prospektive randomisierte, einfach verblindete kontrollierte Studie.; Outcomes: MIP/MEP, Spirometrie, Ruhe-SpO ₂ , Borg-Dyspnoe, Fatigue Assessment Scale und Barthel-Index.	IMT-Gruppe: signifikante Verbesserungen von MIP, %FVC, FEV ₁ , %FEV ₁ und Barthel-Index. Kontrolle: Verbesserung des Barthel-Index.; Zwischengruppenunterschiede zugunsten IMT bei MIP (Änderung 20,91±19,73 vs. —9,00±26,01; adjustiertes p=0,023) und Barthel-Index (24,55±22,30 vs. 7,50±8,25;

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
DOI: 10.1097/MD.0000000000004856						p=0,044).; Fazit: durchführbar und potenziell wirksam für inspiratorische Kraft und Alltagsfunktion.
Daily respiratory training with large intrathoracic pressures, but not large lung volumes, lowers blood pressure in normotensive adults. Respiratory Physiology & Neurobiology. DOI: 10.1016/j.resp.2015.06.002	Vranish et al.	2015	Normotensive Erwachsene, randomisiert auf fünf Trainingsprotokolle; die konkrete Gesamtzahl ist im RIS-Abstract nicht angegeben.	Sechs Wochen tägliches Atemtraining mit Kombinationen aus großen oder moderaten positiven/negativen intrathorakalen Drücken sowie großen Lungenvolumina.	Randomisierte mechanistische Interventionsstudie. Ziel: identifizieren, ob Druckamplitude, Druckrichtung oder Lungenvolumen der entscheidende Reiz für blutdrucksenkende Effekte des Atemtrainings ist.	Nur Protokolle mit großen positiven oder negativen intrathorakalen Drücken senkten den systolischen Blutdruck um etwa 9,0 und den diastolischen um 5,3 mmHg. Große Lungenvolumina oder geringe Druckbelastung waren wirkungslos. Schlussfolgerung: hohe intrathorakale Druckschwankungen, nicht allein Volumenänderungen, waren der relevante Stimulus.
Combined aerobic/inspiratory muscle training vs. aerobic training in patients with chronic heart failure: The Vent-HeFT trial DOI: 10.1002/ejhf.70	Adamopoulos et al.	2014	43 Patient:innen mit moderater chronischer Herzinsuffizienz; mittleres Alter 58±12 Jahre, VO ₂ peak 17,9±5 ml/kg/min, LVEF 29,5±5 %; AT+IMT n=21; AT+Sham-IMT n=22.	Beide Gruppen: Ergometertraining 45 min bei 70–80 % der maximalen Herzfrequenz, 3×/Woche über 12 Wochen.; Intervention: IMT bei 60 % des sustained maximal inspiratory pressure (SPI _{max}), 30 min, 3×/Woche mit Biofeedbackgerät.; Kontrolle: Sham-IMT bei 10 % SPI _{max} .	Prospektive europäische multizentrische randomisierte kontrollierte Studie.; Ziel: zusätzlicher Nutzen von IMT zur aeroben Rehabilitation.; Outcomes: Belastbarkeit, Lungenfunktion, P _{lmax} /SPI _{max} , Lebensqualität, Dyspnoe, LVEF/LV- Dimensionen, CRP und NT-proBNP.	AT+IMT erzielte größere Verbesserungen bei SPI _{max} (p=0,02), Lebensqualität (p=0,002), Dyspnoe (p=0,004), CRP (p=0,03) und NT-proBNP (p=0,004).; P _{lmax} , VO ₂ peak und LVEF verbesserten sich in beiden Gruppen; hierfür bestand kein signifikanter zusätzlicher IMT-Effekt.; Fazit: IMT ergänzte aerobes Training vor allem bei inspiratorischer Arbeitskapazität, Symptomen, Lebensqualität und Biomarkern.
Inspiratory muscle training reduces blood pressure and sympathetic activity in hypertensive patients: A randomized controlled trial. International Journal of Cardiology. DOI: 10.1016/j.ijcard.2011.09.069	Ferreira et al.	2013	13 Patient:innen mit arterieller Hypertonie; aktives IMT n=6, Placebo-IMT n=7.	Achtwöchiges IMT versus Placebo-Protokoll.	Randomisierte kontrollierte Pilotstudie. Vor/nach Intervention: 24-h- Blutdruckmessung, Herzfrequenzvariabilität und inspiratorische Kraft.	MIP stieg aktiv von 82,7 auf 121,5 cmH ₂ O. 24-h-systolischer und -diastolischer Blutdruck sanken auf 125,2 beziehungsweise 75,2 mmHg; auch Tageswerte sanken. Parasympathische Modulation nahm zu, sympathische Modulation und kardialer Sympathikuskonus ab.
Inspiratory muscle training in heart disease and heart failure: a review of the literature with a focus on method of training and	Cahalin et al.	2013	Literatur zu Patient:innen mit Herzerkrankungen und Herzinsuffizienz; 19 IMT-Studien wurden diskutiert.; Keine eigene Patientenstichprobe.	Verschiedene IMT-Methoden und Trainingsgeräte; Unterschiede in Last, Dauer, Frequenz und Trainingsziel (Kraft/Ausdauer).	Narrativer Literaturreview mit Schwerpunkt auf Trainingsmethodik, pathophysiologischer Rationale und klinischen Outcomes.; Ziel: Zusammenhang von inspiratorischer	18 von 19 diskutierten Studien berichteten Verbesserungen in mindestens einem Bereich, u. a. Dyspnoe, Lebensqualität, Balance, periphere Kraft/Blutfluss, Sympathikusaktivität, VO ₂ peak, 6MWT, Ventilation, VE/VCO ₂ -Slope und

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
outcomes DOI: 10.1586/erc.12.191					Muskelleistung mit Dyspnoe und Belastungsintoleranz sowie Übersicht der IMT-Effekte.	ausgewählten Herzfunktionsparametern.; Der Review unterstützt IMT als potenziell wirksame Ergänzung bei Herzinsuffizienz und betont die Bedeutung der Trainingsmethode.
Inspiratory Muscle Training Improves Blood Flow to Resting and Exercising Limbs in Patients With Chronic Heart Failure DOI: 10.1016/j.jacc.2007.12.045	Chiappa et al.	2008	18 Patient:innen mit chronischer Herzinsuffizienz und inspiratorischer Muskelschwäche (MIP <70 % Soll) sowie 10 gesunde Kontrollpersonen.; Die CHF-Gruppe wurde vor und nach einem vierwöchigen IMT untersucht.	Akute inspiratorische Belastung bei 60 % MIP zur Auslösung des respiratorischen Metaboreflexes.; Anschließend 4-wöchiges IMT bei den CHF-Patient:innen; Messung des Blutflusses in ruhender Wade und trainierendem Unterarm mittels venöser Okklusiolethysmographie sowie Zwerchfelldicke per Ultraschall.	Mechanistische kontrollierte Labor-/Interventionsstudie mit gesunden Vergleichspersonen und Prä-Post-Auswertung in der CHF-Gruppe.; Ziel: Untersuchung der peripheren Vasokonstriktion unter inspiratorischer Last und ihrer Modifizierbarkeit durch IMT.	Unter inspiratorischer Last zeigten CHF-Patient:innen eine stärkere Abnahme des Wadenblutflusses und einen abgeschwächten Anstieg des Unterarmblutflusses gegenüber Gesunden.; Nach 4 Wochen IMT: Zwerchfelhypertrophie sowie verbesserter Waden- und Unterarmblutfluss unter inspiratorischer Belastung.; Fazit: IMT kann den übersteigerten respiratorischen Metaboreflex bzw. die Blutflussumverteilung abschwächen.
Effects of resistive breathing on exercise capacity and diaphragm function in patients with ischaemic heart disease DOI: 10.1016/S1388-9842(99)00027-6	Darnley et al.	1999	9 männliche Patienten mit chronischer koronarer Herzkrankheit; im Alltag nicht wesentlich limitiert, keine zwingend bestehende Herzinsuffizienz.; Keine Kontrollgruppe.	Vierwöchiges nicht-intensives selektives inspiratorisches Widerstandstraining („resistive breathing“).; Belastungstests sowie respiratorische und diaphragmale Funktionsmessungen vor und nach Training.	Kleine unkontrollierte Prä-Post-Pilotstudie.; Ziel: Prüfung, ob selektives IMT Belastbarkeit und Zwerchfellfunktion bei chronischer KHK verbessert.	Belastungsdauer stieg von 812±42 auf 864±49 s (p<0,05). Geschwindigkeit der Zwerchfellverkürzung stieg in Ruhe von 12,8±1,6 auf 19,4±1,1 mm/s und beim Sniff von 71,9±9,4 auf 110,0±12,3 mm/s (je p<0,005).; Vor Training brachen 5/9 Patienten wegen Dyspnoe ab, danach 1/9. Peak Flow, FEV ₁ und FVC änderten sich nicht signifikant.

2.7 Atemmuskeltraining in der Neurologie: Schlaganfall, ALS, Dysphagie, Hustenfunktion

In neurologischen Populationen zielen IMT und besonders EMST auf Atemmuskelkraft, Hustenstoß, Atemwegsschutz und Schluckfunktion. Bei Parkinson-Krankheit zeigen kontrollierte Daten Verbesserungen der pharyngealen Schluckeffizienz und weniger Residuen; bei ALS wurden expiratorische Kraft und einzelne bulbäre Funktionsmaße günstig beeinflusst. Nach Schlaganfall berichten kleinere Studien Zuwächse von MEP/MIP, Peak Expiratory Flow und Reflexhusten.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
S2k Leitlinie Parkinson-Krankheit. DGN-S2k-Leitlinie, AWMF 030/010. Quelle: https://dgn.org/leitlinie/parkinson-krankheit	Deutsche Gesellschaft für Neurologie (DGN)	2023	Adressiert Menschen mit Parkinson-Krankheit, insbesondere bei pharyngealer Dysphagie, reduziertem Hustenstoß beziehungsweise Aspirationsrisiko; keine eigene Studienpopulation.	Expiratorisches Muskelkrafttraining, unter anderem mit EMST150, als übendes Verfahren zur Verbesserung von expiratorischer Kraft, Husten und Schluckfunktion.	S2k-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Neurologie, AWMF-Registernummer 030/010. Konsensbasierte und evidenzinformierte klinische Handlungsempfehlungen; kein Primärversuch.	Die Leitlinie führt EMST im dysphagiebezogenen Therapiekontext als einsetzbare übende Maßnahme auf. Die Empfehlung beruht auf der zusammengefassten Evidenz und Expertenkonsens, nicht auf eigenen Patientendaten. Anwendung sollte indikationsbezogen, angeleitet und an Belastbarkeit, Schluckbefund und Aspirationsrisiko angepasst werden.
Expiratory Muscle Strength Training for Therapy of Pharyngeal Dysphagia in Parkinson's Disease. Movement Disorders. DOI: 10.1002/mds.28552	Claus et al.	2021	50 Patient:innen mit Parkinson-Krankheit und FEES-bestätigter hypokinetischer pharyngealer Dysphagie; aktive Gruppe n=25, Sham n=25. MEG-Subgruppe n=22.	Vierwöchiges EMST mit kalibriertem aktivem Handgerät versus äußerlich vergleichbarem Sham-Gerät. Nachuntersuchung unmittelbar nach Training und nach 3 Monaten.	Doppelblinde randomisierte kontrollierte Studie. Primär klinische Schluckfunktion mittels FEES-basierter Dysphagiescore; ergänzend Magnetenzephalographie zur kortikalen Schluckverarbeitung.	Der FEES-Dysphagiescore verbesserte sich in der aktiven Gruppe nach 4 Wochen und blieb nach 3 Monaten verbessert; besonders pharyngeale Residuen nahmen ab. In der Sham-Gruppe keine entsprechende Veränderung. Kortikale Aktivierung veränderte sich nicht signifikant, sodass eher periphere Trainingsmechanismen vermutet werden. Gute Evidenz für kurzfristige und anhaltende Verbesserung der Schluckeffizienz.
Inspiratory muscle training in children and adolescents living with neuromuscular diseases: A pre-experimental study. South African Journal of Physiotherapy. DOI: 10.4102/sajp.v77i1.1577	Human et al.	2021	8 Kinder/Jugendliche mit unterschiedlichen neuromuskulären Erkrankungen; 4 Jungen, Medianalter 12,2 Jahre.	Elektronisches Threshold-IMT (POWERbreathe) bei 30 % PImax: 30 Atemzüge zweimal täglich, 5 Tage/Woche über 6 Wochen.	Präexperimentelle unkontrollierte Prä-Post-Feasibility-Studie. Erfasst wurden Sicherheit, Adhärenz, Funktion, Spirometrie, Peak Expiratory Cough Flow, inspiratorische Kraft und HRQoL.	MIP, Strength Index, Peak Inspiratory Flow sowie Funktion/Koordination der oberen Extremität verbesserten sich. Keine nachweisbaren Änderungen bei Spirometrie, Hustenfluss oder HRQoL. Keine unerwünschten Ereignisse, hohe Akzeptanz und Adhärenz.
Effect of respiratory muscle training on dysphagia in stroke patients—A retrospective pilot study. Laryngoscope Investigative Otolaryngology. DOI: 10.1002/lio2.483	Arnold et al.	2020	20 Patient:innen mit Dysphagie nach Schlaganfall; Zuteilung zur Interventions- oder Kontrollgruppe erfolgte nach eigener Entscheidung für beziehungsweise gegen das Training und damit nicht randomisiert.	Kombiniertes inspiratorisch-expiratorisches Widerstandstraining: drei Einheiten zu je 5 Minuten täglich über 28 Tage; Kontrollgruppe ohne RMT oder andere Übungsintervention während der Wartezeit auf Schlucktherapie.	Retrospektive kontrollierte Pilotstudie. Outcomes: Peak Expiratory Flow, MASA, FEES mit Penetration-Aspiration Scale, Functional Oral Intake Scale und subjektive VAS.	Die Interventionsgruppe zeigte größere prozentuale Verbesserungen als die Kontrolle bei PEF (168,0 vs. 17,5 %), VAS (103,9 vs. 27,5 %), MASA (37,3 vs. 6,9 %), PAS (69,8 vs. 12,1 %) und FOIS (93,8 vs. 21,2 %; jeweils p<0,05). cRMT erscheint praktikabel und potenziell wirksam für Schlucken und Atemwegschutz.
Respiratory muscle training in stroke patients with respiratory muscle weakness, dysphagia, and dysarthria – a prospective randomized trial Medicine 2020;99(10):e19337;	Liaw et al.	2020	21 Personen im Alter von 35 bis 80 Jahren innerhalb von sechs Monaten nach einseitigem Schlaganfall mit Atemmuskelschwäche sowie Dysphagie oder Dysarthrie; randomisiert auf Rehabilitation mit kombiniertem	Zusätzlich zur Rehabilitation inspiratorisches Muskeltraining mit Steigerung von 30 auf 60 Prozent des maximalen Inspirationsdrucks und expiratorisches Muskeltraining mit Steigerung von 15 auf 75 Prozent des	Prospektive randomisierte kontrollierte Studie eines tertiären Krankenhauses; Ziel war die Prüfung des kombinierten inspiratorischen und expiratorischen Muskeltrainings auf Atemmuskulatur, Spirometrie, Fatigue, funktionelle Leistung, Schluckfunktion und	Das kombinierte Training war durchführbar und verbesserte gegenüber dem Ausgangswert beziehungsweise der Kontrollbehandlung insbesondere Atemmuskulatur, FVC, FEV ₁ , Atemfluss und Fatigue; zudem wurden Verbesserungen dysarthriebezogener akustischer Parameter beschrieben. Funktionelle und schluckbezogene Parameter verbesserten

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
DOI: 10.1097/MD.00000000000019337			Atemmuskeltraining, n = 11, oder konventionelle Rehabilitation allein, n = 10.	maximalen Expirationsdrucks; fünf Tage pro Woche über sechs Wochen. Die Kontrollgruppe erhielt die reguläre Rehabilitation ohne spezifisches RMT.	akustische Dysarthrieparameter. Die Stichprobe war klein und die Ausfallrate lag in beiden Gruppen bei ungefähr einem Drittel.	sich teilweise in beiden Gruppen, sodass der zusätzliche Effekt auf Dysphagie und Alltagsfunktion weniger eindeutig war. Ein vorübergehender Gesichtsmuskelschmerz wurde berichtet; Langzeitwirkung und Erhaltungseffekte wurden nicht untersucht.
PILOT STUDY: Hyolaryngeal muscle activation in response to RMT using The Breather. Poster Presentation - Dysphagia Research Society, San Diego.	Dumican & Watts	2019	Kontext: neuromuskuläre Erkrankungen wie Parkinson mit möglicher Dysphonie und Dysphagie; konkrete Stichprobengröße, Einschlusskriterien und Erkrankungscharakteristika sind im RIS-Eintrag nicht angegeben. Untersuchungsschwerpunkt war die Aktivierung hyolaryngealer Muskulatur in Bezug auf Stimme und Schlucken.	Respiratory Muscle Training (RMT) mit The Breather, einem kombinierten inspiratorisch-expiratorischen Widerstandsgerät. Das Training soll Muskelgruppen unterstützen, die für Stimme, Schluckfunktion und Atemwegsprotektion relevant sind.	Posterbasierte Pilotstudie mit Oberflächen-Elektromyographie (sEMG). Ziel war zu prüfen, ob RMT mit The Breather während Inspiration und Expiration messbare Aktivierung hyolaryngealer Muskeln auslöst. Aufgrund des Posterformats fehlen im RIS Details zu Randomisierung, Kontrollgruppe, Dauer, Dosis und statistischer Auswertung.	Im Poster werden signifikant erhöhte Muskelaktivierungen gegenüber Baseline sowohl bei Inspiration als auch bei Expiration gegen Widerstand berichtet. Die Autor:innen leiten daraus ab, dass The Breather ein mögliches Übungsinstrument zum Erhalt bzw. zur Unterstützung der Schluckfunktion sein kann.
Impact of expiratory strength training in amyotrophic lateral sclerosis: Results of a randomized, sham-controlled trial. Muscle & Nerve. DOI: 10.1002/mus.26292	Plowman et al.	2019 (online 2018)	48 Personen mit amyotropher Lateralsklerose (ALS); aktive EMST-Gruppe n=24, Sham-Gruppe n=24. 96 % schlossen das achtwöchige Protokoll ab.	Häusliches expiratorisches Muskelkrafttraining (EMST) über 8 Wochen mit aktiv eingestelltem Widerstand versus äußerlich vergleichbares Sham-Training.	Prospektive, monozentrische, doppelblinde randomisierte kontrollierte Studie. Primärer Endpunkt: maximale expiratorische Munddruckkraft (MEP/PEmax). Sekundär: Husten-Spirometrie, Schluckfunktion einschließlich DIGEST-Score, forcierte Vitalkapazität und ALSFRS-R.	EMST war gut verträglich. Die Veränderung von MEP und DIGEST unterschied sich signifikant zugunsten der aktiven Gruppe (p<0,02); für Hustenparameter, FVC und ALSFRS-R wurden keine relevanten Gruppenunterschiede berichtet. Schlussfolgerung: kurzfristige Verbesserung expiratorischer und ausgewählter bulbärer Funktionen.
Rehabilitation of Swallowing and Cough Functions Following Stroke: An Expiratory Muscle Strength Training Trial. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. DOI: 10.1016/j.apmr.2016.03.027	Hegland et al.	2016	14 Erwachsene mit ischämischem Schlaganfall in den vorangegangenen 3-24 Monaten, rekrutiert aus zwei ambulanten Rehabilitationskliniken. Zielprobleme: abgeschwächter Reflexhusten, Atemwegsschutz und potenzielle Schluckfunktionsstörung nach Schlaganfall.	Expiratory Muscle Strength Training (EMST) als Heimtraining: 25 Wiederholungen täglich, 5 Tage pro Woche, über 5 Wochen. Training zielte primär auf expiratorische Muskelkraft und Hustenfunktion.	Prospektive Ein-Gruppen-Prä-Post-Interventionsstudie ohne Kontrollgruppe. Outcomes: maximaler expiratorischer Druck, freiwillige Hustenflüsse, Reflexhusten nach Capsaicin-Challenge (200 micromol/L), Wahrnehmung des Hustenreizes und fluoroskopische Schluckuntersuchung.	Der maximale expiratorische Druck stieg bei allen Teilnehmenden im Mittel um 30 cmH2O. Reflexhustenparameter und Hustenreiz-Wahrnehmung verbesserten sich, während freiwillige Hustenwirksamkeit und Schluckfunktionsmaße nicht signifikant verändert waren. Schlussfolgerung: EMST kann nach Schlaganfall vor allem Reflexhusten und Atemwegsschutz stärken; Schluckeffekte waren in dieser Stichprobe nicht nachweisbar.
A pilot study of respiratory muscle training to improve cough effectiveness and reduce the	Kulnik et al.	2014	Geplant waren Erwachsene innerhalb von 2 Wochen nach moderatem bis schwerem	Vier Wochen inspiratorisches, expiratorisches oder Sham-Atemmuskeltraining mit kommerziellen	Publiziertes Protokoll einer verblindeten Pilot-RCT. Primärer Endpunkt: Peak Flow des willkürlichen Hustens. Sekundär: Pneumonie,	Als Studienprotokoll enthält der Beitrag keine Wirksamkeitsergebnisse. Er begründet RMT als Strategie zur

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
incidence of pneumonia in acute stroke: study protocol for a randomized controlled trial. Trials. DOI: 10.1186/1745-6215-15-123			Schlaganfall (NIHSS 5–25), die willkürliche Atemmanöver durchführen konnten.	Threshold-Widerstandsgeräten zusätzlich zur üblichen Schlaganfallrehabilitation.	Reflexhusten, Spirometrie, P _{lmax} /P _{Emax} , Sicherheit, Akzeptanz und Aktivitäten des täglichen Lebens; Messungen nach 4 und 12 Wochen.	Hustenrehabilitation und möglichen Pneumonieprävention nach akutem Schlaganfall.

2.8 Atemtraining bei Atemnot: Lippenbremse, Zwerchfellatmung und atemerleichternde Techniken

Die Arbeiten untersuchen Lippenbremse, Zwerchfell- und Tiefenatmung sowie kombinierte Atemübungen bei COPD, Asthma, nach Operationen und in Rehabilitationsprogrammen. Mehrere Studien berichten eine bessere gesundheitsbezogene Lebensqualität, günstigere Atemmuster und teilweise Verbesserungen von Gehstrecke, Oxygenierung oder subjektiver Atemnot.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Comparing effects of breathing exercises alone and combined with breathing-stretching exercises on respiratory indices, disease severity and exercise capacity in COPD Scientific Reports, 15(1), 2025; DOI: 10.1038/s41598-025-89664-z	Zare et al.	2025	32 Personen mit COPD; randomisiert auf zwei Gruppen.	Fünf Tage zweimal täglich übliche Atemübungen versus Kombination aus Atem- und Atemdehnübungen.	Randomisierte klinische Studie; untersucht wurden venöses PCO ₂ , Sauerstoffsättigung, COPD-Schwere beziehungsweise CAT und Sechs-Minuten-Gehtest.	Beide Gruppen verbesserten sich, die kombinierte Intervention zeigte stärkere PCO ₂ - und Schweregradreduktionen sowie größere Zunahmen von SpO ₂ und Gehstrecke.
Current practice of targeted breathing exercises after abdominal and cardiothoracic surgery: a national multicentre observational study Physiotherapy, 127, 101462,	Fagevik Olsén et al.	2025	1.492 Patientinnen und Patienten nach abdominalen oder kardiothorakaler Operation in 18 schwedischen Krankenhäusern.	Postoperative gezielte Atemübungen, überwiegend PEP sowie tiefe Atmung ohne Gerät; keine experimentell zugewiesene Therapie.	Nationale multizentrische Beobachtungsstudie zu Zeitpunkt und Art der ersten Atemübung und Faktoren einer Einleitung innerhalb von drei Stunden.	76 Prozent erhielten gezielte Atemübungen, im Median 3,63 Stunden nach Aufnahme auf die postoperative Station; 65 Prozent nutzten PEP und 14 Prozent tiefe Atmung ohne Gerät. Operationsart, Analgesie, Tageszeit und Laparoskopie beeinflussten den Beginn.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
2025; DOI: 10.1016/j.physio.2024.101462						
Breathing techniques to reduce symptoms in people with serious respiratory illness: a systematic review European Respiratory Review, 33(174), 240012, 2024; DOI: 10.1183/16000617.0012-2024	Burge et al.	2024	73 randomisierte kontrollierte Studien mit 5.479 Erwachsenen, überwiegend mit COPD oder Asthma und schwerer respiratorischer Erkrankung.	Atemtechniken zur Veränderung des Atemmusters, insbesondere Lippenbremse, Zwerchfellatmung und Yoga-Atmung; Atemmuskeltraining war ausgeschlossen.	Systematischer Review zu Atemnot, gesundheitsbezogener Lebensqualität und unerwünschten Ereignissen.	Lippenbremse beziehungsweise Zwerchfellatmung reduzierten mMRC-Dyspnoe im Mittel um 0,40 Punkte und unterschritten damit die minimale klinisch relevante Differenz; für Lebensqualität zeigten sich konsistentere, häufig klinisch relevante Verbesserungen. Es wurden keine interventionsbezogenen unerwünschten Ereignisse berichtet.
Comparative efficacy of different combinations of acapella, active cycle of breathing technique, and external diaphragmatic pacing in perioperative patients with lung cancer: a randomised controlled trial BMC Cancer, 23(1), 2023; DOI: 10.1186/s12885-023-10750-4	Chen et al.	2023	363 perioperative Patientinnen und Patienten mit Lungenkrebs nach thorakoskopischer Lobektomie oder Segmentektomie.	Acapella plus Active Cycle of Breathing Technique, externe Zwerchfellstimulation plus ACBT oder ACBT allein.	Randomisierte kontrollierte Drei-Gruppen-Studie; primärer Endpunkt war die funktionelle Kapazität im Sechs-Minuten-Gehtest nach einer Woche und einem Monat.	Beide kombinierten Verfahren verbesserten Gehstrecke und Lungenfunktion stärker als ACBT allein; externe Zwerchfellstimulation plus ACBT war Acapella plus ACBT überlegen.
Breathing Exercises for Patients with Asthma in Specialist Care: A Multicenter Randomized Clinical Trial Annals of the American Thoracic Society, 19(9), 1498–1506, 2022; DOI: 10.1513/annalsats.202111-1228oc	Andreasson et al.	2022	Patientinnen und Patienten in spezialärztlicher Versorgung mit unkontrolliertem mittelgradigem bis schwerem Asthma.	Übliche Asthmaversorgung plus strukturiertes Atemübungsprogramm über sechs Monate versus alleinige übliche Versorgung.	Multizentrische randomisierte klinische Studie; primärer Endpunkt war die asthmabezogene Lebensqualität, mit Nachbeobachtung bis zwölf Monate.	Atemübungen verbesserten die asthmabezogene Lebensqualität signifikant und der Nutzen blieb bis zwölf Monate erkennbar; Depressionswerte verbesserten sich geringfügig. Es gab keine Hinweise auf Schäden. Die Ergebnisse unterstützen Atemübungen als Zusatztherapie, nicht als Ersatz für die medikamentöse Asthmakontrolle.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Respiratory rehabilitation in elderly patients with COVID-19: A randomized controlled study. Complementary Therapies in Clinical Practice. DOI: 10.1016/j.ctcp.2020.101166	Liu et al.	2020	72 ältere Patient:innen mit COVID-19 nach klinischer Besserung/Entlassungskontext; 36 erhielten respiratorische Rehabilitation, 36 keine Rehabilitationsintervention. Zielprobleme: Einschränkungen der Lungenfunktion, körperlichen Funktion, Lebensqualität und psychischen Gesundheit.	6-wöchiges respiratorisches Rehabilitationsprogramm: Atemmuskultraining mit Threshold PEP bei 60% des individuellen maximalen expiratorischen Munddrucks, Hustenübungen, Diaphragmatraining mit 1-3 kg Widerstand auf der Bauchwand, Dehnübungen der Atemmuskulatur sowie Heimübungen mit Lippenbremse und Hustentraining. Im RIS: 2 Sitzungen/Woche über 6 Wochen und tägliche 10-minütige Übungen.	Publikationstitel nennt eine randomisierte kontrollierte Studie; der Abstract beschreibt eine prospektive quasi-experimentelle Studie. Ziel: Effekt einer 6-wöchigen respiratorischen Rehabilitation auf Lungenfunktion, 6-Minuten-Gehtest, SF-36-Lebensqualität, Functional Independence Measure sowie Angst-/Depressionsscores (SAS/SDS) bei älteren COVID-19-Patient:innen untersuchen.	Nach 6 Wochen zeigten sich signifikante Verbesserungen in FEV1, FVC, FEV1/FVC, DLCO und 6-Minuten-Gehtest sowie in allen acht SF-36-Dimensionen. Angstwerte verbesserten sich signifikant innerhalb der Interventionsgruppe und zwischen Gruppen; Depressionswerte verbesserten sich weniger deutlich. Schlussfolgerung: respiratorische Rehabilitation kann bei älteren COVID-19-Patient:innen Lungenfunktion, körperliche Leistungsfähigkeit, Lebensqualität und Angst reduzieren.
Prolonged slow expiration technique improves recovery from acute bronchiolitis in infants: FIBARRIX randomized controlled trial Clinical Rehabilitation, 33(3), 504–515, 2018 online / 2019; DOI: 10.1177/0269215518809815	Conesa-Segura et al.	2018 online / 2019	80 Säuglinge mit akuter Bronchiolitis auf einer universitären Kinderstation.	Prolongierte langsame Expiration als Atemphysiotherapie über bis zu eine Woche versus übliche Behandlung.	Randomisierte kontrollierte FIBARRIX-Studie; primär wurden Acute Bronchiolitis Severity Scale, Sauerstoffsättigung und Krankenhausdauer erfasst.	Die Atemphysiotherapie senkte den Bronchiolitis-Schweregrad bereits zehn Minuten und zwei Stunden nach der ersten Behandlung sowie vor Entlassung; die Sauerstoffsättigung änderte sich nicht. Die Krankenhausdauer war kürzer, und es wurden keine behandlungsbezogenen unerwünschten Ereignisse berichtet. Ergebnisse gelten für stationäre Säuglinge und ein spezifisches Manualverfahren.
Preliminary study: comparative effects of lung volume therapy between slow and fast deep-breathing techniques on pulmonary function, respiratory muscle strength, oxidative stress, cytokines, 6-minute walking distance, and quality of life in persons with COPD. International Journal of Chronic Obstructive	Leelarungrayub et al.	2018	30 Patient:innen mit leichter bis mittelschwerer COPD, randomisiert zu langsamer (n=15) oder schneller (n=15) tiefer Atmung.	Vier Wochen Lungenvolumentherapie mit Voldyne-Incentive-Spirometer: Slow Deep-Breathing Technique versus Fast Deep-Breathing Technique.	Vorläufige randomisierte aktive Vergleichsstudie. Erfasst wurden Spirometrie, P _{lmax} , antioxidative/oxidative Marker, TNF- α /IL-6, 6MWD und CCQ-Lebensqualität.	Beide Gruppen zeigten einzelne Verbesserungen; das schnelle Protokoll beeinflusste mehr Variablen. Nach Intervention waren FEV1 %, P _{lmax} , TNF- α , IL-6 und CCQ im schnellen Arm günstiger.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Pulmonary Disease. DOI: 10.2147/copd.s181428						

2.9 Atemübungen zur Stressreduktion, Entspannung und psychophysiologischen Regulation

Untersucht werden langsame, tiefe und rhythmisch strukturierte Atemübungen bei gesunden Personen sowie bei Angst, Stress, Schmerz, Krebs und akuten oder chronischen Erkrankungen. Viele Studien zeigen während oder unmittelbar nach der Übung eine höhere vagal vermittelte Herzfrequenzvariabilität, eine niedrigere Atemfrequenz und teilweise weniger physiologische Erregung. Klinisch werden häufig Verbesserungen von Stimmung, Angst und wahrgenommenem Stress berichtet.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
The Interplay of Breath and Emotion: A Novel Cardio-Respiratory-Cortical-Limbic Network Framework Psychology, 16(04), 453–465, 2025; DOI: 10.4236/psych.2025.164025	Jerath & Jensen	2025	Keine eigene Stichprobe; theoretische und experimentelle Literatur zu Atmung, Herz-Kreislauf-Regulation, Gehirn und Emotion.	Keine standardisierte Therapie; diskutiert werden kontrollierte Atemtechniken als potenzielle Modulatoren eines kardio-respiratorisch-kortikal-limbischen Netzwerks.	Narrativer konzeptioneller Review, der ein Netzwerkmodell zur wechselseitigen Beeinflussung von Atemrhythmus, kardialen Signalen, kortikalen und limbischen Prozessen entwickelt.	Die Autoren postulieren, dass dysfunktionale Atemmuster emotionale Zustände verstärken können und kontrollierte Atmung über bioelektrische Rhythmen therapeutisch wirken könnte.
Clinical effectiveness of guided breathing exercises in reducing anxiety, stress, and depression in COVID-19 patients Scientific Reports, 14(1), 2024; DOI: 10.1038/s41598-024-78162-3	Sheikh et al.	2024	60 Patientinnen und Patienten mit COVID-19; 30 Intervention und 30 Kontrolle.	Klinisch angeleitete Atemübungen als ergänzende Maßnahme versus Standardversorgung ohne diese Übungen.	Quasi-experimentelle Studie mit blockweiser Gruppenzuteilung; Angst, Stress und Depression wurden vor und nach der Intervention mittels DASS-21 erfasst.	Angst- und Stresswerte sanken in der Atemgruppe signifikant stärker als in der Kontrolle; für Depression zeigte sich kein signifikanter Effekt. Atemübungen können die akute psychische Belastung ergänzend mindern.
Brief structured respiration practices enhance mood and reduce physiological arousal	Balban et al.	2023	111 eingeschlossene Erwachsene in einer remote durchgeführten Studie; drei Personen gingen im Verlauf verloren, die	Täglich fünf Minuten über einen Monat; zyklisches Seufzen mit verlängerter Ausatmung, Box-Breathing, zyklische	Randomisierte kontrollierte Remote-Studie; primäre Zielgrößen waren Stimmung, Angst	Alle Übungen verbesserten Stimmung und reduzierten negative Emotionen; Atemübungen, besonders zyklisches

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Cell Reports Medicine 2023; DOI: 10.1016/j.xcrm.2022.100895			vier Gruppen umfassten ungefähr 21 bis 33 Personen.	Hyperventilation mit Atemanhalten oder Achtsamkeitsmeditation.	und physiologische Aktivierung anhand von Atemfrequenz, Herzfrequenz und HRV.	Seufzen, verbesserten die Stimmung stärker und senkten die Atemfrequenz stärker als Achtsamkeitsmeditation.
Slow breathing for reducing stress: The effect of extending exhale Complementary Therapies in Medicine, 73, 102937, 2023; DOI: 10.1016/j.ctim.2023.102937	Birdee et al.	2023	100 gesunde Erwachsene.	Zwölf Wochen yoga-basiertes langsames Atmen; Ausatmung länger als Einatmung versus gleich lange Ein- und Ausatmung, mit wöchentlicher Anleitung und regelmäßigem Heimtraining.	Randomisierte, einfach verblindete Studie zur Frage, ob ein verlängertes Ausatmen psychologischen und physiologischen Stress stärker reduziert als ein symmetrisches Atemverhältnis.	Unabhängig vom Atemverhältnis sank die PROMIS-Angst beziehungsweise psychologische Belastung deutlich; die Herzfrequenzvariabilität als physiologisches Stressmaß änderte sich nicht signifikant. Zwischen verlängertem und gleich langem Ausatmen bestanden keine statistisch signifikanten Unterschiede. Ohne nicht atmende Kontrollgruppe bleibt offen, wie viel der Verbesserung auf Erwartung und Betreuung zurückgeht.
Influence of Respiratory Frequency of Slow-Paced Breathing on Vagally-Mediated Heart Rate Variability Applied Psychophysiology and Biofeedback, 49(1), 133–143, 2023; DOI: 10.1007/s10484-023-09605-2	You et al.	2023	75 Sportlerinnen und Sportler; 22 Frauen, mittleres Alter etwa 22 Jahre.	Je fünf Minuten langsames Atmen mit 5, 5,5, 6, 6,5 oder 7 Atemzyklen pro Minute sowie spontane Atmung als Kontrolle.	Akute wiederholte Laborstudie zur Wirkung der Atemfrequenz auf vagal vermittelte HRV.	Alle langsamen Atemfrequenzen erhöhten RMSSD und insbesondere LF-HRV gegenüber spontaner Atmung. LF-HRV unterschied die Frequenzen sensibler als RMSSD. Die Studie belegt eine akute autonome Reaktion, nicht automatisch bessere sportliche Leistung oder langfristige Stressregulation.
Acute nasal breathing lowers diastolic blood pressure and increases parasympathetic contributions to heart rate variability in young adults American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology	Watso et al.	2023	20 junge Erwachsene, 13 Frauen und sieben Männer; Medianalter etwa 18 Jahre.	Jeweils fünf Minuten ausschließliche Nasen- und Mundatmung in randomisierter Reihenfolge.	Akute randomisierte Crossover-Untersuchung; verglichen wurden Blutdruck, Herzfrequenz und Parameter der Herzfrequenzvariabilität.	Unter Nasenatmung waren mittlerer Blutdruck und diastolischer Blutdruck niedriger als unter Mundatmung; der diastolische Wert betrug im Median 68 gegenüber 72 mmHg. Systolischer Blutdruck und Herzfrequenz unterschieden sich nicht; der hochfrequente HRV-Anteil war höher und das LF/HF-Verhältnis niedriger, was mit stärkerer parasympathischer Beteiligung vereinbar ist.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
2023;325(6):R797–R808; DOI: 10.1152/ajpregu.00148.2023						
Breathwork Interventions for Adults with Clinically Diagnosed Anxiety Disorders: A Scoping Review Brain Sciences, 13(2), 256, 2023; DOI: 10.3390/brainsci13020256	Banushi et al.	2023	16 klinische Studien mit Erwachsenen, bei denen eine Angststörung nach DSM-Kriterien diagnostiziert war.	Breathwork als alleinige Intervention, darunter langsame, Zwerchfell-, kontrollierte und teilweise hyperventilationsbezogene Verfahren.	PRISMA-Scoping-Review aus PubMed, Embase und Scopus zur Art und Breite der klinischen Evidenz.	Mehrere Ateminterventionen reduzierten Angstsymptome, während Ergebnisse zur therapeutischen Hyperventilation widersprüchlich waren.
Effect of Resonance Breathing on Heart Rate Variability and Cognitive Functions in Young Adults: A Randomised Controlled Study Cureus, 2022; DOI: 10.7759/cureus.22187	Chaitanya et al.	2022	Junge Männer im Alter von 18 bis 30 Jahren; randomisiert in Resonanzatmungs- und Kontrollgruppe, genaue Zahl im RIS-Abstract nicht ausgewiesen.	20 Minuten tägliche Atmung bei individuell beziehungsweise standardisiert angenäherter Resonanzfrequenz über vier Wochen versus keine Intervention.	Randomisierte kontrollierte Studie; HRV, Trail-Making-Tests und wahrgenommener Stress wurden vor und nach vier Wochen erhoben.	SDNN, pNN50 und Gesamtleistung der HRV verbesserten sich in der Atemgruppe, ebenso die kognitive Leistung in Trail A und B; wahrgenommener Stress nahm ab.
Bifocal emotion regulation through acupoint tapping in fear of flying NeuroImage: Clinical, 34, 102996, 2022; DOI: 10.1016/j.nicl.2022.102996	Wittfoth et al.	2022	29 Personen mit Flugangst.	Akupunkturpunkt-Klopfen kombiniert mit kognitiver Umstrukturierung während phobischer, allgemein angstausslösender und neutraler Bildreize.	Within-Subject-fMRT-Studie zu neuronalen und verhaltensbezogenen Effekten bifokaler multisensorischer Emotionsregulation.	Der Flugangstscore sank von 2,51 auf 1,27; der Anteil mit erfüllten Flugangstkriterien von 89,7 auf 24,0 Prozent. Während des Klopfens nahm die Amygdalaaktivität zu, während Hippocampus und Temporalpol herunterreguliert wurden.
Effects of voluntary slow breathing on heart rate and heart rate variability: A systematic review and a meta-analysis Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 138, 104711, 2022; DOI: 10.1016/j.neubiorev.2022.104711	Laborde et al.	2022	223 eingeschlossene Studien; 172 untersuchten Effekte während der Atmung, 16 unmittelbar nach einer Einzelsitzung und 49 nach mehrsitzigen Interventionen.	Freiwillig verlangsamte Atmung in unterschiedlichen Formen, einschließlich Bauch- und Zwerchfellatmung, kardialer Kohärenz und HRV-Biofeedback.	Systematischer Review und Meta-Analyse zu Herzfrequenz und vagal vermittelter HRV während, unmittelbar nach und nach wiederholtem Training.	Langsame Atmung erhöhte vagal vermittelte HRV während der Übung, direkt danach und nach mehrwöchigen Programmen. Die große Studienzahl unterstützt einen robusten akuten autonomen Effekt; Heterogenität von Protokollen, HRV-Metriken und Populationen erschwert jedoch Aussagen zu optimaler Dosis und klinischen Endpunkten.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Benefits from one session of deep and slow breathing on vagal tone and anxiety in young and older adults Scientific Reports 2021;11(1); DOI: 10.1038/s41598-021-98736-9	Magnon, Dutheil & Vallet	2021	47 Erwachsene; 22 ältere und 25 jüngere Personen.	Eine Sitzung tiefer, langsamer Bauchatmung mit längerem Ausatmen beziehungsweise niedrigem Inspirations-Expirations-Verhältnis.	Akute vergleichende Interventionsstudie zur Wirkung auf Herzfrequenzvariabilität und Zustandsangst in zwei Altersgruppen.	Die Hochfrequenzleistung der HRV nahm in beiden Altersgruppen zu und die Zustandsangst ab; der HF-Anstieg war bei älteren Personen stärker. RMSSD nahm erwartungsgemäß nicht zu, weil Ein- und Ausatemungsdauer ungleich waren.
Influence of a 30-Day Slow-Paced Breathing Intervention Compared to Social Media Use on Subjective Sleep Quality and Cardiac Vagal Activity Journal of Clinical Medicine, 8(2), 193, 2019; DOI: 10.3390/jcm8020193	Laborde et al.	2019	64 gesunde junge Erwachsene; 33 Männer und 31 Frauen.	15 Minuten langsames getaktetes Atmen jeden Abend über 30 Tage per Smartphone-App versus gleich lange Nutzung sozialer Medien.	Randomisierte kontrollierte Studie; subjektive Schlafqualität und kardiale vagale Aktivität wurden vor und nach der Intervention erfasst.	Langsame Atmung verbesserte die subjektive Schlafqualität und erhöhte die nächtliche vagale Aktivität gegenüber der Social-Media-Kontrolle; beim morgendlichen Erwachen zeigte sich nur ein Trend.
Impact of slow breathing on the blood pressure and subarachnoid space width oscillations in humans Scientific Reports, 9(1), 2019; DOI: 10.1038/s41598-019-42552-9	Nuckowska et al.	2019	20 gesunde Erwachsene; acht Männer und zwölf Frauen, mittleres Alter etwa 25 Jahre.	Spontanatmung sowie kontrollierte Atmung mit 6, 12 oder 18 Atemzügen pro Minute; zusätzlich 6 Atemzüge pro Minute mit inspiratorischem Widerstand.	Experimentelle Crossover-Physiologiestudie zu Blutdruck-, Herzfrequenz- und Subarachnoidalraum-Oszillationen, Sauerstoffsättigung und endtidalem CO ₂ .	Langsame Atmung verringerte die kardiale Komponente von Blutdruck- und Subarachnoidalraum-Oszillationen, während die respiratorische Komponente zunahm. Die Autoren diskutieren einen möglichen kardiovaskulären Schutzmechanismus.
Was ist dran am Klopfen? Psychotherapeutenjournal.	Pfeiffer	2018	Keine eigene klinische Stichprobe. Übersichtsarbeit zu Klopftechniken wie Emotional Freedom Technique (EFT), Thought Field Therapy (TFT) und Prozess- und Embodimentfokussierter Psychologie	Klopftechniken als bifokal-multisensorische Interventionen mit Exposition/kognitiver Umstrukturierung und rhythmischem Beklopfen bestimmter Hautpunkte. Diskutiert werden u. a. EFT, TFT und PEP,	Übersichtsarbeit mit Suche am 04.01.2018 in Medline/PubMed, Cochrane Library und ScienceDirect nach englischsprachigen randomisierten kontrollierten Studien und Metaanalysen zu EFT/TFT. Ziel: Studienlage	Die Arbeit beschreibt erste Hinweise auf Wirksamkeit bei Störungsbildern mit hohem körperlichem Arousal, besonders Angststörungen und posttraumatischer Belastungsstörung; teilweise werden auch somatische/pulmonale Beschwerden in den diskutierten Studien erwähnt. Gleichzeitig betont die

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
			(PEP). Wichtig: PEP meint hier psychotherapeutische Klopftechnik, nicht Positive Expiratory Pressure.	einschließlich möglicher Mechanismen wie Reduktion von Hyperarousal, limbischer Aktivierung oder Ähnlichkeiten zu EMDR.	kritisch darstellen, Anwendungsfelder einordnen und wissenschaftliche Wirkmodelle diskutieren.	Autorin kleine Stichproben, begrenzte aktive Kontrollgruppen und fehlende Forschung speziell zu PEP im deutschsprachigen psychotherapeutischen Sinn.
The Effect of Diaphragmatic Breathing on Attention, Negative Affect and Stress in Healthy Adults Frontiers in Psychology 2017;8; DOI: 10.3389/fpsyg.2017.00874	Ma et al.	2017	40 gesunde Erwachsene, randomisiert auf Atemintervention oder unbehandelte Kontrollgruppe.	20 angeleitete Sitzungen über acht Wochen mit Echtzeit-Feedback und einer Zielatemfrequenz von ungefähr vier Atemzügen pro Minute.	Randomisierte kontrollierte Studie; untersucht wurden anhaltende Aufmerksamkeit, positiver und negativer Affekt sowie Speichelkortisol vor und nach der Intervention.	Die Atemgruppe zeigte eine Abnahme des negativen Affekts, eine Verbesserung der anhaltenden Aufmerksamkeit und niedrigere Kortisolwerte, während sich die Kontrollgruppe nicht entsprechend veränderte.
Die Wirksamkeit von Musiktherapie in der Palliativmedizin – Eine randomisiert-kontrollierte Studie zu psychologischen und physiologischen Effekten einer rezeptiven Entspannungstechnik Dissertation, Medizinische Fakultät Heidelberg, 2017	Marco Warth	2017	84 stationäre Palliativpatientinnen und -patienten.	Zwei 30-minütige Sitzungen live gespielter rezeptiver Musiktherapie mit Monochord und vokaler Improvisation versus zwei aufgezeichnete verbale Entspannungsübungen.	Randomisierte kontrollierte Studie im Rahmen einer Dissertation; primär wurden Entspannung, Wohlbefinden und akuter Schmerz, sekundär Herzfrequenzvariabilität und weitere physiologische Parameter untersucht.	Musiktherapie verbesserte Entspannung und Wohlbefinden stärker als die verbale Kontrolle; für akuten Schmerz zeigte sich kein signifikanter Unterschied. Die hochfrequente Herzfrequenzvariabilität nahm zu, passend zu stärkerer parasympathischer Aktivität.
The Impact of Resonance Frequency Breathing on Measures of Heart Rate Variability, Blood Pressure, and Mood Frontiers in Public Health, 5, 2017; DOI: 10.3389/fpubh.2017.00222	Steffen et al.	2017	Gesunde Erwachsene in drei Gruppen; die Stichprobengröße ist im RIS-Abstract nicht genannt.	15 Minuten Atmung bei individueller Resonanzfrequenz, ein Atemzug pro Minute oberhalb der Resonanzfrequenz oder ruhiges Sitzen; anschließend PASAT-Stressor und Erholung.	Randomisierte experimentelle Studie zu HRV, Blutdruck und Stimmung vor und nach Atmung sowie unter kognitivem Stress.	Resonanzatmung führte zu positiverer Stimmung, höherem LF/HF-Verhältnis und niedrigerem systolischem Blutdruck während Stress und Erholung als ruhiges Sitzen; die leicht schnellere Atembedingung lag meist dazwischen. Die Interpretation des LF/HF-Verhältnisses als eindeutiges Maß sympathovagaler Balance ist methodisch umstritten.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
The role of deep breathing on stress Neurological Sciences, 38(3), 451–458, 2016; DOI: 10.1007/s10072-016-2790-8	Perciavalle et al.	2016	38 gesunde Studierende im Alter von 18 bis 28 Jahren; je 19 Intervention und Kontrolle.	Zehn wöchentliche 90-minütige Sitzungen eines tiefen Atem- und Entspannungsprotokolls versus gleich lange Sitzungen ohne Behandlung.	Randomisierte kontrollierte Studie; Stress und Stimmung wurden mit MSP und POMS, die physiologische Stressreaktion über Herzfrequenz und Speichelkortisol erfasst.	Die Atemgruppe zeigte Verbesserungen der selbstberichteten Stimmung und Belastung sowie niedrigere Herzfrequenz- und Kortisolwerte. Geschlechtsunterschiede wurden nicht gefunden. Die Kombination mehrerer Entspannungselemente und die passive Kontrollbedingung erschweren die Zuordnung des Effekts allein zur tiefen Atmung.
The Effectiveness of Diaphragmatic Breathing Relaxation Training for Reducing Anxiety: The effectiveness of diaphragmatic breathing relaxation training for reducing anxiety Perspectives in Psychiatric Care, 53(4), 329–336, 2016; DOI: 10.1111/ppc.12184	Chen et al.	2016	Personen mit Angstbelastung; randomisierte Interventions- und Kontrollgruppe, die Stichprobengröße ist im RIS-Abstract nicht angegeben.	Achtwöchiges Training der Zwerchfellatmung mit Relaxation und Biofeedback.	Randomisierte Prä-Post-Studie mit wiederholten Messungen; erfasst wurden Beck Anxiety Inventory, Hautleitfähigkeit, periphere Durchblutung beziehungsweise Temperatur, Herz- und Atemfrequenz.	Die Interventionsgruppe zeigte niedrigere Angstwerte sowie signifikante Veränderungen von peripherer Temperatur, Herz- und Atemfrequenz; die Atemfrequenz nahm besonders deutlich ab. Die Ergebnisse sprechen für eine anxiolytische Wirkung.
Breath-Holding During Exhalation as a Simple Manipulation to Reduce Pain Perception Pain Medicine, Volume 16, Issue 9, 16(9), 1835–1841, 2015; DOI: 10.1111/pme.12764	del Paso PhD et al.	2015	38 gesunde Erwachsene.	Kurzes Luftanhalten nach tiefer Einatmung versus langsame Einatmung während standardisierter Druckschmerzreize.	Experimentelle Within-Subject-Studie zur Frage, ob barorezeptorvermittelte Blutdruckanstiege die akute Schmerzwahrnehmung reduzieren.	Während des Luftanhaltens stieg der Blutdruck, die Herzfrequenz sank und Schmerz wurde bei allen Druckintensitäten geringer bewertet als während langsamer Einatmung. Der Befund unterstützt einen akuten barorezeptorvermittelten Mechanismus.
Efficacy of paced breathing for insomnia: Enhances vagal activity and improves sleep quality Psychophysiology, 52(3), 388–	Tsai et al.	2014	14 Personen mit selbstberichteter Insomnie und 14 gute Schläfer.	Langsame getaktete Atmung bei 0,1 Hz, Vergleich mit spontaner Atmung und 0,2 Hz; bei Insomnie zusätzlich 20 Minuten langsame Atmung vor dem Schlafen.	Physiologische Vergleichs- und Interventionsstudie mit HRV am Tag und Polysomnografie in der Nacht.	Personen mit Insomnie hatten eine geringere vagale HRV. Langsame Atmung erhöhte die Gesamt-HRV; nach prä-somnaler Übung verkürzten sich Einschlafzeiten, Wachzeiten und Zahl der Aufwachreaktionen, während die Schlafeffizienz stieg.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
396, 2014; DOI: 10.1111/psyp.12333						
Voluntary activation of the sympathetic nervous system and attenuation of the innate immune response in humans Proceedings of the National Academy of Sciences, 111(20), 7379–7384, 2014; DOI: 10.1073/pnas.1322174111	Kox et al.	2014	24 gesunde Freiwillige; 12 Intervention und 12 Kontrolle.	Zehntätiges Training aus Meditation, zyklischer Hyperventilation mit Atemhalten und Kälteexposition; anschließend experimentelle Endotoxin-Gabe.	Randomisierte kontrollierte Humanstudie zur freiwilligen Beeinflussung des autonomen Nervensystems und der angeborenen Immunantwort.	Die trainierte Gruppe entwickelte während der Übungen respiratorische Alkalose, intermittierende Hypoxie und höhere Adrenalin Spiegel; nach Endotoxin stieg IL-10 schneller, proinflammatorische Zytokine und grippeähnliche Symptome waren geringer.
Study of Brain Activity Analysis of Deep Breathing Mae Fah Luang University, Forschungsbericht, 2014	Rojviroj et al.	2014	16 gesunde Teilnehmende.	Tiefe Atmung mit sechs Atemzügen pro Minute; vier Sekunden Einatmung, zwei Sekunden Atemhalten und vier Sekunden Ausatmung.	Kleine experimentelle EEG-Studie mit Thai Stress Test; untersucht wurden Stressniveau sowie Delta-, Theta- und Alpha-Aktivität während mehrerer Atemphasen.	Tiefe Atmung war mit subjektiver Entspannung und Veränderungen von Delta- und Theta-Aktivität verbunden; nach ungefähr vier bis sechs Minuten zeigte sich besonders Alpha-Aktivität.
Psychophysiologische Wirkungen der tiefen und langsamen Atmung auf die Schmerzwahrnehmung, die autonome Aktivität und die Stimmungsveränderung Inaugural-Dissertation, Universität Regensburg, 2013	Kozhuharov a	2013	Gesunde Probandinnen und Probanden; die Dissertation berichtet experimentelle Untersuchungen zu tiefer und langsamer Atmung, die Stichprobengröße ist im RIS-Abstract nicht genannt.	Mehrere Mikrozyklen einer entspannenden tiefen und langsamen Bauchatmung; Vergleich mit einer aufmerksamkeitsfordernden Atembedingung.	Experimentelle Dissertation zur Wirkung auf sympathische Aktivität, thermische Empfindungs- und Schmerzschwellen sowie Stimmung.	Entspannendes tiefes und langsames Atmen senkte die sympathische Aktivität und erhöhte Empfindungs- und Schmerzschwellen; die Effekte waren bereits in der ersten Sitzung erkennbar. Beide Atembedingungen verbesserten teilweise die Stimmung, sodass Stimmungsänderungen nicht ausschließlich durch vegetative Entspannung erklärbar waren.
Physiological responses to and subjective estimates of soundscape elements Applied Acoustics, 74(2), 275–281, 2013; DOI: 10.1016/j.apacoust.2011.10.009	Hume & Ahtamad	2013	80 Erwachsene hörten 18 jeweils acht Sekunden lange Klanglandschaftsausschnitte.	Akute Exposition gegenüber unterschiedlichen angenehmen und unangenehmen Soundscape-Elementen.	Experimentelle Within-Subject-Studie; Herzfrequenz, Atemfrequenz und Stirn-EMG wurden mit subjektiver Angenehmheit und Erregung verglichen.	Klangexposition senkte die Herzfrequenz geringfügig und erhöhte die Atemfrequenz leicht. Unangenehme Klänge führten zu stärkeren Herzfrequenzabfällen und tendenziell höherem EMG; angenehmere Klänge waren mit einem stärkeren Atemfrequenzanstieg verbunden.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
The effects of deep breathing on 'tension–anxiety' and fatigue in cancer patients undergoing adjuvant chemotherapy Complementary Therapies in Clinical Practice, 18(2), 94–98, 2012; DOI: 10.1016/j.ctcp.2011.10.001	Hayama & Inoue	2012	23 japanische Frauen mit gynäkologischer Krebserkrankung unter adjuvanter Chemotherapie; 11 Intervention und 12 Kontrolle.	Zehnminütiges Programm aus Bauch-, Brustatmung und Atmung mit Armhebung während der Chemotherapie versus keine Atemübung.	Randomisierte kontrollierte Studie; Spannung und Angst wurden mit POMS-SF, Fatigue mit der Cancer Fatigue Scale vor und nach Chemotherapie gemessen.	Spannungs-Angst und Fatigue gingen in der Atemgruppe stärker zurück als in der Kontrolle.
The Effect of Deep and Slow Breathing on Pain Perception, Autonomic Activity, and Mood Processing—An Experimental Study Pain Medicine, 13(2), 215–228, 2012; DOI: 10.1111/j.1526-4637.2011.01243.x	Busch et al.	2012	16 gesunde Erwachsene.	Zwei Atembedingungen mit gleicher Tiefe und Frequenz: aufmerksamkeitsfordernde tiefe langsame Atmung versus entspannende tiefe langsame Atmung.	Experimentelle Crossover-Studie zu thermischen Empfindungs- und Schmerzschwellen, Hautleitfähigkeit und Stimmung.	Nur die entspannende Atembedingung erhöhte Empfindungs- und Schmerzschwellen und senkte die sympathische Hautleitfähigkeit signifikant. Beide Bedingungen reduzierten negative Stimmung ähnlich. Damit scheint Entspannung, nicht nur Atemfrequenz und -tiefe, wesentlich für die autonome und analgetische Wirkung zu sein.

2.10 Pranayama, Yoga-Atmung und langsame Atmung

Dieses Unterkapitel bündelt Pranayama, yogische Atemprogramme, verlangsamte Atmung und unilaterale Nasenatmung. Studien berichten Veränderungen der autonomen Regulation, Herzfrequenzvariabilität und kurzfristig auch neuronaler Aktivitätsmuster; in einigen klinischen Populationen verbessern sich Symptome, Wohlbefinden, Belastbarkeit oder Lebensqualität. Pilotstudien zur rechten oder linken Nasenloch-atmung zeigen interessante psychologische und neurophysiologische Unterschiede.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
The effects of unilateral nostril breathing on brain functional network activity: a pilot study Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation 2026;23(1); online 2025; DOI: 10.1186/s12984-025-01782-x	White et al.	2025 online / 2026	30 gesunde Erwachsene, 19 Frauen und elf Männer, im Alter von 20 bis 53 Jahren.	Gerätgesteuerte, druckunterstützte unilaterale Nasenatmung mit dem Rest-Activity-Cycler; zunächst drei Minuten natürliche Atmung, danach je zehn Minuten mit ungefähr 90 Prozent des Atemflusses über das dominante und nicht dominante Nasenloch bei maximal 8 cmH ₂ O.	Explorative EEG-Pilotstudie mit 64-Kanal-EEG; untersucht wurden funktionelle Konnektivität, Kohärenz und Phase-Lag-Index bei linker gegenüber rechter sowie dominanter gegenüber nicht dominanter Nasenlochatmung.	Unterschiede der funktionellen Konnektivität zeigten sich nur beim Vergleich linker und rechter Nasenlochatmung, unter anderem im Default-Mode-, Saliens- und auditorischen Netzwerk; die Dominanz des spontanen Nasenzyklus war nicht entscheidend. Die Studie zeigt eine kurzfristige neuronale Modulation, jedoch keine klinische Verbesserung.
Breathing Right... or Left! The Effects of Unilateral Nostril Breathing on Psychological and Cognitive Wellbeing: A Pilot Study Brain Sciences 2024;14(4):302; DOI: 10.3390/brainsci14040302	Vanutelli, Grigis & Lucchiarì	2024	20 gesunde Teilnehmende in einer Pilotstichprobe.	Acht Tage tägliches Training mit ausschließlich rechter oder ausschließlich linker Nasenlochatmung.	Explorative Pilotstudie mit Zuordnung zu rechter beziehungsweise linker unilateraler Nasenatmung; täglich wurden Stimmung, Wohlbefinden und Mind-Wandering erfasst.	Beide Gruppen berichteten nach der täglichen Übung ein verbessertes Wohlbefinden. Rechte Nasenlochatmung war stärker mit Stressreduktion und Entspannung verbunden, linke Nasenlochatmung mit einer über die Zeit zunehmenden Reduktion des Gedankenabschweifens.
Improvements in well-being and cardiac metrics of stress following a yogic breathing workshop: Randomized controlled trial with active comparison Journal of American College Health, 70(3), 918–928, 2020; DOI: 10.1080/07448481.2020.1781867	Goldstein et al.	2020	69 auswertbare Studierende im Grund- oder Aufbaustudium.	Sudarshan-Kriya-Yoga mit strukturierten yogischen Atemübungen versus ein hinsichtlich Dauer und Gruppengröße angepasstes kognitiv orientiertes Stressmanagementprogramm; Nachbeobachtung bis drei Monate.	Randomisierte kontrollierte Studie mit aktiver Vergleichsgruppe; Fragebögen und psychophysiologische Reaktionen auf einen Laborstressor wurden vor, nach und drei Monate nach den Workshops erhoben.	Die Atemintervention zeigte gegenüber der aktiven Kontrolle stärkere Verbesserungen unter anderem bei wahrgenommenem Stress, Schlaf, Angst, Depression, sozialer Verbundenheit, Selbstwert und Lebenszufriedenheit. Beide Gruppen verbesserten Herzfrequenzmaße der Stressreaktivität; ein Teil der Unterschiede hing jedoch mit veränderten Ruhewerten zusammen.
Exploring the therapeutic benefits of Pranayama (yogic breathing): A systematic review International Journal of Yoga,	Jayawardena et al.	2020	18 kontrollierte Humanstudien; 13 randomisiert und eine Crossover-Studie, mit 16 bis 160 Teilnehmenden und Interventionen von vier Tagen bis sechs Monaten.	Pranayama als eigenständige yogische Atemintervention gegenüber geeigneten Kontrollbedingungen.	Systematischer Review zu körperlichen und psychischen Gesundheitsendpunkten.	Vorteile wurden besonders bei Asthma für Atemfunktion, Symptomschwere, Anfallshäufigkeit, Medikamentenbedarf und Lebensqualität beschrieben; bei COPD verbesserten sich Symptom- und Aktivitätsscores, zudem gab es Hinweise bei Krebs und Herz-Kreislauf-Erkrankungen.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
13(2), 99, 2020; DOI: 10.4103/ijoy.ijoy_37_19						
Efficacy of yoga, tai chi and qi gong on the main symptoms of chronic obstructive pulmonary disease: A systematic review Respiratory Medicine and Research, 75, 13–25, 2019; DOI: 10.1016/j.resmer.2019.04.002	Reychler et al.	2019	Keine eigene Stichprobe; 18 Studien mit Patientinnen und Patienten mit COPD, davon sechs zu Yoga und die übrigen zu Tai Chi, Qi Gong oder kombinierten Verfahren.	Yoga-, Tai-Chi- und Qi-Gong-Programme über sechs Wochen bis sechs Monate; zwei- bis siebenmal pro Woche mit 30 bis 90 Minuten pro Sitzung.	Systematischer Review aus drei Datenbanken; untersucht wurden Lungenfunktion, Dyspnoe, gesundheitsbezogene Lebensqualität und funktionelle Belastbarkeit.	Die eingeschlossenen Studien zeigten mögliche Verbesserungen von Lungenfunktion und funktioneller Belastbarkeit. Für Dyspnoe und Lebensqualität war kein eindeutiger Nutzen ableitbar.
How Breath-Control Can Change Your Life: A Systematic Review on Psycho-Physiological Correlates of Slow Breathing Frontiers in Human Neuroscience, 12, 2018; DOI: 10.3389/fnhum.2018.00353	Zaccaro et al.	2018	15 eingeschlossene Studien mit gesunden Personen; aus 2.461 gesichteten Abstracts ausgewählt.	Freiwillig verlangsamte Atmung unter zehn Atemzügen pro Minute in unterschiedlichen Protokollen.	PRISMA-orientierter systematischer Review zu autonomen, zentralnervösen und psychologischen Korrelaten langsamer Atmung.	Langsame Atmung war häufig mit höherer HRV und respiratorischer Sinusarrhythmie, veränderter EEG-Aktivität sowie mehr Entspannung und weniger Angst, Ärger und depressiver Stimmung verbunden.
Pranayam for Treatment of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: Results From a Randomized, Controlled Trial Integr Med (Encinitas), 2014	Gupta et al.	2014	50 medizinisch stabile Personen mit mittelgradiger bis schwerer COPD; 25 Intervention und 25 Kontrolle.	Pranayama zusätzlich zur üblichen medikamentösen Behandlung; 30 Minuten zweimal täglich über drei Monate versus alleinige Standardtherapie.	Kontrollierte klinische Studie; primär wurden COPD Assessment Test, Sechs-Minuten-Gehtest, FEV1 und BODE-Index zu Beginn und nach drei Monaten beurteilt.	Der CAT-Score sank in der Pranayama-Gruppe von 21,2 auf 17,4, während die Kontrolle nahezu unverändert blieb; auch die Gehstrecke verbesserte sich gegenüber der Kontrolle. FEV1 und BODE-Index änderten sich nicht signifikant. Pranayama kann Symptome und subjektiven Gesundheitszustand ergänzend verbessern, ersetzt jedoch keine krankheitsmodifizierende Behandlung.

2.11 Musik-, Klang- und instrumentengestützte Ateminterventionen

Dieses Unterkapitel bündelt klinische Studien, experimentelle Arbeiten, systematische Reviews und Studienprotokolle zu aktivem Musizieren, professioneller Musiktherapie, rezeptivem Musikhören, Naturklängen und weiteren Schallinterventionen. Instrumentengestützte Ansätze wie Mundharmonika- und Didgeridoo-Spiel verbinden musikalische Aktivität mit Atemmuskulararbeit, Lippenbremse und pulmonaler Rehabilitation. Weitere Studien untersuchen Schlafarchitektur, autonome Regulation, Stress, emotionale Verarbeitung, Kognition und Neuroplastizität. Damit bildet das Unterkapitel sowohl respiratorische als auch psychophysiologische Wirkfelder musik- und klangbasierter Interventionen ab.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Effects of Tibetan Singing Bowl Intervention on Psychological and Physiological Health in Adults: A Systematic Review Healthcare 2025;13(16):2002; DOI: 10.3390/healthcare13162002	Lin, Yang & Wang	2025	14 quantitative Studien mit Erwachsenen; die Einzelstudien umfassten 12 bis 81 Personen. Die Populationen reichten von gesunden Erwachsenen bis zu Menschen mit emotionaler Belastung, Krebs, chronischen Schmerzen, posttraumatischer Belastung oder kardiovaskulären Erkrankungen.	Tibetische beziehungsweise Himalaya-Klangschalen als Kontakt- oder Nichtkontaktanwendung, live oder aufgezeichnet. Die Interventionen reichten von einzelnen Sitzungen über 7 bis 70 Minuten bis zu 2–12 Sitzungen; eine Studie erstreckte sich über drei Monate. Teilweise wurden Klangschalen mit Atmung, Entspannung oder Visualisierung kombiniert.	Systematischer Review nach PRISMA 2020 mit Recherche in sechs Datenbanken bis März 2025. Eingeschlossen wurden randomisierte kontrollierte, quasi-experimentelle und einarmige Prä-Post-Studien. Die Qualität wurde mit Instrumenten des Joanna Briggs Institute bewertet; die Ergebnisse wurden narrativ und nach psychologischen sowie physiologischen Endpunkten zusammengeführt.	Die Mehrzahl der Studien berichtete nach Klangschaleninterventionen geringere Angst- und Depressionssymptome sowie Verbesserungen von Wohlbefinden oder Lebensqualität. Bei den physiologischen Endpunkten wurden häufig eine höhere Herzfrequenzvariabilität und eine niedrigere Herzfrequenz beobachtet; EEG-Studien beschrieben unter anderem Veränderungen der Delta-, Theta-, Alpha-, Beta- und Gammaaktivität. Wegen der unterschiedlichen Designs und Endpunkte erfolgte keine Meta-Analyse. Der Review ordnet Klangschalen als nicht invasive komplementäre Intervention mit psychophysiologischen Effekten ein.
The Baby's Hearing in the Womb. Clinical Endocrinology and Metabolism 4(1):1–3. DOI: 10.31579/2834-8761/071	Myjkowski	2025	Keine eigene Stichprobe. Gegenstand der Veröffentlichung sind die Entwicklung des menschlichen Hörorgans, die fetale Schallwahrnehmung ab der zweiten Schwangerschaftshälfte und die weitere Hörentwicklung nach der Geburt.	Keine standardisierte Intervention. Beschrieben werden die natürliche pränatale Schallübertragung sowie die gezielte auditive Stimulation durch Sprache, Alltagsgeräusche und Musik während der zweiten Schwangerschaftshälfte und nach der Geburt.	Narrative Kurzmitteilung auf Grundlage physiologischer und anatomischer Literatur. Dargestellt werden die Entwicklungsstadien des Hörorgans sowie mögliche Mechanismen der fetalen Schallübertragung über Flüssigkeit, Weichteile, Knorpel und Knochen. Daneben diskutiert der Autor die	Nach Darstellung des Autors kann der Fetus ab der zweiten Schwangerschaftshälfte auditive Informationen aufnehmen. Dazu gehören der Herzschlag und weitere Körpergeräusche der Mutter sowie ihre über Gewebe und Skelett übertragene Stimme. Wiederholt wahrgenommene Klänge können demnach gespeichert und nach der Geburt wiedererkannt werden. Der Autor leitet daraus ab, dass Gespräche und nicht zu laute Musik die auditive und neuronale Entwicklung unterstützen

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
					Bedeutung auditiver Reize für neuronale Entwicklungsprozesse und stellt die Übertragbarkeit der klassischen Wanderwellentheorie nach Békésy auf das fetale Hören infrage.	können und dass unterschiedliche Musik eine beruhigende oder aktivierende Reaktion auslösen kann. Eine eigene kontrollierte Musikintervention oder quantitative Wirksamkeitsmessung wurde in der Veröffentlichung nicht durchgeführt.
Effectiveness of a harmonica-integrated, tele-supervised home-based pulmonary rehabilitation program on lung function and comprehensive health outcomes in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a randomized controlled trial protocol Frontiers in Public Health 2025;13:1541866; DOI: 10.3389/fpubh.2025.1541866	Zeng et al.	2025	Geplant sind 248 Erwachsene mit klinisch diagnostizierter COPD an einem tertiären Versorgungszentrum in Guangzhou; Randomisierung im Verhältnis 1:1 auf zwei Gruppen.	Sechsmonatige, häusliche und telemedizinisch betreute pulmonale Rehabilitation. Die Interventionsgruppe ergänzt das Standardprogramm aus Atem- und Körperübungen um Mundharmonikatraining; die Kontrollgruppe erhält das Standardprogramm. Beide Gruppen werden zunächst im Krankenhaus angeleitet und anschließend bei der täglichen Praxis aus der Ferne begleitet.	Publiziertes Protokoll einer monozentrischen, zweiarmigen randomisierten kontrollierten Studie. Primärer Endpunkt ist FEV1 in Prozent des Sollwerts. Sekundär werden Atemmuskulskraft, Belastbarkeit, Fatigue, Dyspnoe, Symptomlast, psychische Gesundheit, Selbstwirksamkeit, Lebensqualität, soziale Unterstützung, Adhärenz und Zufriedenheit erhoben. Die Auswertung ist mit gemischten Modellen nach Intention-to-treat geplant.	Das Protokoll definiert ein sechsmonatiges Prüfkonzept, mit dem der zusätzliche Beitrag des Mundharmonikaspiels innerhalb einer umfassenden, häuslichen COPD-Rehabilitation getrennt von der Standardrehabilitation bewertet werden soll. Es legt hierfür Lungenfunktion, Atemmuskulskraft, körperliche Leistungsfähigkeit und patientenbezogene Gesundheitsparameter als zentrale Ergebnisbereiche fest.
Effects of Sound Interventions on the Mental Stress Response in Adults: Protocol for a Scoping Review JMIR Research Protocols 2024;13:e54030; DOI: 10.2196/54030	Saskovets, Liang, Piumarta & Saponkova	2024	Keine eigene klinische Stichprobe; vorgesehen ist die Auswertung von Studien mit Erwachsenen und mentalen beziehungsweise physiologischen Stressreaktionen. Der erste Suchlauf identifizierte 2.027 Datensätze.	Geprüft werden unterschiedliche Schallinterventionen, darunter Musik, menschliche Stimme, geführte Meditation und Hypnose, Naturgeräusche, expressive Laute und traditionelle Darbietungen von Dichtung. Betrachtet werden akustische Merkmale wie Rhythmus, Prosodie, Kontext und individuelle Präferenz.	Protokoll eines Scoping Reviews nach Joanna-Briggs-Institute-Methodik und PRISMA-ScR. Vorgesehen sind randomisierte und klinisch kontrollierte Studien sowie Labor- und Feldexperimente ab 1990 aus PubMed, Web of Science, Elsevier und PsycINFO/EBSCOhost. Extrahiert werden Interventionsform, Zielzustand, physiologische und psychologische	Der Protokollbericht zeigte bereits eine deutliche Schwerpunktsetzung der Literatur auf Musiktherapie gegenüber sprachlichen und anderen nicht musikalischen Klanginterventionen. Das geplante Review soll die aktiven akustischen Komponenten systematisch ordnen, körperliche und subjektive Stressreaktionen gegenüberstellen und bislang seltener untersuchte Klangformen sichtbar machen.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
					Reaktionen sowie angenommene Wirkmechanismen.	
Music interventions in 132 healthy older adults enhance cerebellar grey matter and auditory working memory, despite general brain atrophy NeuroImage: Reports 2023;3(2):100166; DOI: 10.1016/j.ynirp.2023.100166	Marie et al.	2023	132 gesunde, musikalisch unerfahrene ältere Erwachsene; 66 Personen in der Klaviergruppe und 66 in der aktiven Kontrollgruppe mit musikalischer Kultur und bewusstem Musikhören.	Sechsmonatige Gruppenintervention mit neu erlerntem Klavierspiel gegenüber musikalischer Kulturvermittlung und aktivem Hörtraining.	Longitudinale randomisierte Studie mit voxelbasierter Morphometrie aus MRT-Aufnahmen sowie Tests des tonalen und verbalen Arbeitsgedächtnisses. Analysiert wurden Veränderungen des regionalen und gesamten Volumens grauer Substanz, Gruppenunterschiede und Zusammenhänge mit Trainingsintensität und Schlaf.	Über beide Interventionsgruppen zusammen nahm das Volumen grauer Substanz im Nucleus caudatus, im Rolandischen Operculum und im inferioren Kleinhirn signifikant zu; zwischen Klavierspiel und aktivem Musikhören bestanden hierfür keine Gruppenunterschiede. Der Kleinhirnzuwachs, die Trainingsintensität und Schlaf standen positiv mit der Verbesserung des tonalen Arbeitsgedächtnisses in Zusammenhang; auch das rückwärts wiedergegebene Zahlengedächtnis verbesserte sich. Im rechten primären auditorischen Kortex blieb das Volumen in der Klaviergruppe stabil, während es in der Hörgruppe abnahm.
Effects of breathing pathway and musical features on the processing of music induced emotions Neuroscience Informatics 2023;3(1):100117; DOI: 10.1016/j.neuri.2023.100117	Mollakazemi, Biswal, Place & Patwardhan	2023	12 Erwachsene nahmen an dem experimentellen Vergleich teil und hörten 15 Musikstücke unter beiden Atembedingungen.	Ausschließliche Mundatmung wurde mit einer Nasenklammer, ausschließliche Nasenatmung mit einem Mundstreifen sichergestellt. Die Musik wurde über ohrumschließende Kopfhörer dargeboten; alle Versuche wurden einmal unter Mund- und einmal unter Nasenatmung durchgeführt.	Experimentelle Within-Subject-Studie. Die Teilnehmenden bewerteten durch die Musik ausgelöste Emotionen; zusätzlich wurden Zusammenhänge zwischen emotionalen Bewertungen und musikalischen Merkmalen wie Konsonanz und Komplexität untersucht.	Unter Nasenatmung wurden die Musikstücke signifikant entspannender bewertet als unter Mundatmung ($p = 0,00013$); auch die erlebte Aktivierung war höher ($p = 0,036$). Die Bewertung als glücklicher zeigte einen Trend ($p = 0,069$), während negative Emotionen unter Mundatmung im Mittel höher, aber nicht signifikant waren. Eine höhere Konsonanz korrelierte überwiegend positiv mit Valenz, Glück und Entspannung und negativ mit Ärger, Angst und Frustration; eine höhere musikalische Komplexität zeigte das umgekehrte Muster.
Music therapy for stress reduction: a systematic review and meta-analysis Health Psychology Review	de Witte et al.	2022 (online 2020)	47 kontrollierte Studien mit 2.747 Erwachsenen und 76 Effektgrößen; 1.405 Personen erhielten Musiktherapie und 1.342 eine Kontrollbedingung. Die Studien	Aktive oder rezeptive Musiktherapie, die von ausgebildeten und qualifizierten Musiktherapeutinnen oder Musiktherapeuten individuell beziehungsweise in Gruppen	Systematischer Review mit dreistufiger Meta-Analyse randomisierter und klinisch kontrollierter Studien. Eingeschlossen wurden physiologische Stressmarker wie	Musiktherapie zeigte einen signifikanten mittleren bis starken Gesamteffekt auf stressbezogene Endpunkte ($d = 0,723$; 95%-KI 0,51–0,94). Der Effekt umfasste physiologische und psychologische Maße. Größere Effektstärken wurden in klinisch

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
2022;16(1):134–159; online 2020; DOI: 10.1080/17437199.2020.1846580			stammten aus medizinischen und psychiatrischen Versorgungssettings.	durchgeführt und an die Bedürfnisse der Teilnehmenden angepasst wurde.	Herzfrequenz, Herzfrequenzvariabilität, Blutdruck und Hormone sowie psychologische Maße für Stress und Zustandsangst.	kontrollierten gegenüber randomisierten Studien, bei Wartelistenkontrollen gegenüber Regelversorgung oder anderen stressreduzierenden Interventionen sowie in nicht westlichen Studien beobachtet. Die Autoren leiteten daraus einen Nutzen professionell durchgeführter Musiktherapie zur Stressreduktion in medizinischen und psychosozialen Behandlungsfeldern ab.
Usefulness of harmonica playing to improve outcomes in patients with chronic obstructive pulmonary disease Baylor University Medical Center Proceedings 2020;33(2):178–182; DOI: 10.1080/08998280.2019.1704135	Hart et al.	2020	14 Menschen mit COPD, die mindestens sechs Monate zuvor eine pulmonale Rehabilitation abgeschlossen hatten; 11 Personen beendeten das zwölfwöchige Programm.	Zwölf Wochen angeleitetes Mundharmonikaspiel in wöchentlichen Gruppenterminen mit zusätzlicher Übung zu Hause. Das Spielen verband wiederholte Inspiration und Expiration gegen den Instrumentenwiderstand mit Lippenbremse, Zwerchfellatmung, Atemrhythmus und musikalischem Feedback.	Einarmige prospektive Pilotstudie mit Prä-Post-Messung. Erfasst wurden Spirometrie, maximaler inspiratorischer und expiratorischer Munddruck sowie die Sechs-Minuten-Gehstrecke; sieben Teilnehmende nahmen zusätzlich an der optionalen Sechsmonatsnachuntersuchung teil.	Nach zwölf Wochen stieg P _{lmax} im Mittel um 15,4 ± 12,0 cmH ₂ O (p = 0,0017), P _E max um 14,4 ± 14,0 cmH ₂ O (p = 0,0061) und die Sechs-Minuten-Gehstrecke um 61 ± 78 m (p = 0,03). Bei den sieben Personen der Sechsmonatsnachuntersuchung blieben die Zuwächse von P _{lmax} , P _E max und Gehstrecke gegenüber dem Ausgangswert signifikant. Die Studie beschreibt Mundharmonikaspiel als praktikable Ergänzung nach pulmonaler Rehabilitation.
The effect of playing a wind instrument or singing on risk of sleep apnea: a systematic review and meta-analysis Journal of Clinical Sleep Medicine 2020;16(9):1591–1601; DOI: 10.5664/jcsm.8628	van der Weijden, Lobbezoo & Slot	2020	Sechs Studien, darunter fünf Querschnittsstudien und eine randomisierte kontrollierte Studie; die Einzelstudien umfassten 25 bis 1.105 Teilnehmende. Verglichen wurden Blasinstrumentalistinnen und -instrumentalisten beziehungsweise Sängerinnen und Sänger mit Kontrollpersonen.	Langjähriges Spielen verschiedener Blech- und Holzblasinstrumente, insbesondere Doppelrohrblattinstrumente, sowie Singen; in der randomisierten Studie gezieltes Didgeridoo-Training.	Systematischer Review mit deskriptiver Synthese, Meta-Analyse und GRADE-Bewertung. Untersucht wurden Schnarchen, Epworth Sleepiness Scale, Risiko beziehungsweise Diagnose einer obstruktiven Schlafapnoe sowie in der Didgeridoo-Studie Apnoe-Hypopnoe-Index, Tagesschläfrigkeit und Schlafbeeinträchtigung der Partnerperson.	Deskriptiv zeigten Doppelrohrblattspielende ein niedrigeres Schlafapnoerisiko, Sängerinnen und Sänger weniger Schnarchen und Didgeridoo-Trainierende Verbesserungen von Apnoe-Hypopnoe-Index, Tagesschläfrigkeit und partnerberichteter Schlafstörung. In den gepoolten Vergleichen bestanden keine signifikanten Unterschiede für Tagesschläfrigkeit (Mitteldifferenz -0,16; 95%-KI -0,65 bis 0,33), hohes Schlafapnoerisiko (RR 0,85; 95%-KI 0,58–1,24) oder ärztlich diagnostizierte Schlafapnoe (RR 1,26; 95%-KI 0,85–1,87). Der Review hebt Didgeridoo und Singen als besonders praktikable Ansätze hervor.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
The Effects of Presleep Slow Breathing and Music Listening on Polysomnographic Sleep Measures – a pilot trial Scientific Reports 2020;10:7427; DOI: 10.1038/s41598-020-64218-7	Kuula et al.	2020	20 junge Erwachsene, davon 50 % Frauen; insgesamt wurden 40 Nächte mit Polysomnographie erfasst.	Vor dem Schlafen entweder 30 Minuten langsame Atmung oder 30 Minuten Hören von Max Richters Werk Sleep. Jede Person absolvierte eine Interventions- und eine Kontrollnacht in randomisierter Reihenfolge.	Randomisierte kontrollierte Pilotstudie mit Cross-over innerhalb der beiden Interventionsarme. Erfasst wurden Polysomnographie, EEG-Leistungsspektren und Herzfrequenzvariabilität vor, während und nach der Intervention.	Beide Interventionen erhöhten unmittelbar die Herzfrequenzvariabilität. Nach Musikhören war der Anteil des N2-Schlafs niedriger als in der Kontrollnacht (44,8 % gegenüber 48,3 %; $p = 0,049$); für N3 zeigte sich ein Anstiegstrend (24,5 % gegenüber 22,0 %; $p = 0,091$). Musikhören erhöhte die frontale Beta-1-Leistung während N3 ($p = 0,014$), langsame Atmung die zentrale Delta-Leistung während N3 ($p = 0,036$). Schlaflatenz und subjektive Schlafqualität unterschieden sich nicht signifikant.
Effect of music of specific frequency upon the sleep architecture and electroencephalographic pattern of individuals with delayed sleep latency: A daytime nap study Journal of Family Medicine and Primary Care 2019;8(12):3915–3921; DOI: 10.4103/jfmpc.jfmpc_575_19	Jha et al.	2019	15 gesunde Männer im Alter von 18 bis 40 Jahren mit verzögerter Einschlafatenz; zunächst waren 25 Personen rekrutiert worden, ausgewertet wurden Teilnehmende mit erreichtem N2-Schlaf in beiden Messungen.	Etwa 90-minütiger Mittagsschlaf einmal mit 432-Hz-Musik und einmal ohne Musik im Abstand von einer Woche; die Lautstärke wurde individuell als angenehm eingestellt.	Within-Subject-Prä-Post-Vergleich mit Polysomnographie. Erfasst wurden Schlafstadien, EEG, EKG, EMG, nasaler Luftstrom, Thoraxbewegung und Sauerstoffsättigung; für die EEG-Analyse wurden zwei Minuten des N2-Schlafs ausgewertet.	Die mittlere Schlaflatenz war mit Musik kürzer, der Unterschied erreichte jedoch keine statistische Signifikanz. Die Energie der Alphaaktivität war beim Einschlafen unter Musik signifikant höher ($p < 0,01$), besonders in rechten frontalen und zentralen Ableitungen. Die Autoren interpretierten dies als beruhigende EEG-Reaktion auf 432-Hz-Musik während des Mittagsschlafs.
The Influence of Listening to Nature Sounds on Mental Health In: Biomedical Informatics and Technology, Communications in Computer and Information Science 2014;404:319–323; DOI: 10.1007/978-3-642-54121-6_30	Nishida & Oyama-Higa	2014	Acht gesunde Personen, drei Männer und fünf Frauen, im Alter von 16 bis 57 Jahren.	Je zehn Minuten Hören von Meereswellen, Vögeln an einem Bach und Gewitter sowie eines elektronisch erzeugten, Vogelstimmen imitierenden Klangs. Vor und nach jeder Klangbedingung wurden zusätzlich jeweils fünf Minuten ohne Klang gemessen.	Explorative experimentelle Within-Subject-Studie. Aus dem Plethysmogramm wurden der größte Ljapunow-Exponent als Maß dynamischer Komplexität und ein Index der autonomen Balance als psychophysiologische Kennwerte abgeleitet.	Die Messungen zeigten unterschiedliche psychophysiologische Reaktionen auf Naturklänge und den elektronisch imitierten Vogelklang. Der Index der autonomen Balance machte insbesondere Unterschiede zwischen natürlichen und elektronischen Klangbedingungen sichtbar. Die Autoren folgerten, dass Naturgeräusche den mentalen Zustand auf eine charakteristische Weise beeinflussen können.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
The Development of Human Fetal Hearing. Science 222(4623):516–518. DOI: 10.1126/science.6623091	Birnholz & Benacerraf	1983	Menschliche Feten mit bekanntem Gestationsalter. Zusätzlich berichten die Autoren über ihre klinischen Beobachtungen bei weiteren 680 Feten zwischen der 28. und 36. Schwangerschaftswoche.	Anwendung eines definierten vibroakustischen Reizes. Die dadurch ausgelösten fetalen Lidschluss- und Schreckreaktionen wurden sonografisch beobachtet.	Altersbezogene sonografische Beobachtungsstudie zur Entwicklung der fetalen Hörreaktion. Untersucht wurde, ab welchem Gestationsalter ein auropalpebraler Reflex beziehungsweise eine Lidschluss-Schreckreaktion auf vibroakustische Stimulation ausgelöst werden kann und ab welchem Zeitpunkt diese Reaktion regelmäßig auftritt. Ziel war die Beschreibung der funktionellen Reifung des fetalen Hörsystems und ihrer möglichen pränataldiagnostischen Bedeutung.	Erste Lidschluss-Schreckreaktionen ließen sich zwischen der 24. und 25. Schwangerschaftswoche auslösen. Ab der 28. Schwangerschaftswoche waren die Reaktionen regelmäßig nachweisbar. Unter den zusätzlich untersuchten 680 Feten zwischen der 28. und 36. Schwangerschaftswoche zeigten acht keine beobachtbare Lidschlussreaktion; bei diesen bestanden eine schwere fetale Beeinträchtigung, strukturelle Anomalien oder eine Hörstörung. Die Autoren bewerten die zeitliche Entwicklung der Reaktion als Grundlage für die pränatale Erkennung auffälliger auditiver beziehungsweise neurologischer Reaktionsmuster.

3. Dysfunktionale Atmung und Atemmusterstörungen

Die Studien und Übersichtsarbeiten behandeln Atembeschwerden, die durch veränderte Atemmuster, laryngeale Dysregulation oder psychophysiologische Prozesse entstehen oder verstärkt werden können. Die Literatur unterstreicht, dass dysfunktionale Atmung nicht mit Hyperventilation gleichzusetzen ist und sowohl biomechanische, biochemische als auch emotionale Komponenten umfassen kann. Häufig empfohlen werden eine positive, multidimensionale Diagnose, verständliche Aufklärung und ein phänotyporientiertes Atem-Retraining. Beobachtungsdaten zeigen Zusammenhänge mit Angst, psychischer Belastung und überproportionaler Dyspnoe.

3.1 Grundlagen, Definition, Klassifikation und Diagnostik

Die grundlegenden Arbeiten zeigen eine uneinheitliche Terminologie und überlappende Definitionen für dysfunktionale Atmung und Breathing Pattern Disorders. Vorgeschlagen werden unterschiedliche Muster wie Hyperventilation, periodisches Seufzen, thorakal dominierte Atmung, forcierte abdominelle Expiration und thorakoabdominelle Asynchronie.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
How is dysfunctional breathing characterised in the clinical literature? A scoping review Respiratory Medicine 2026;251:108546; DOI: 10.1016/j.rmed.2025.108546	Sanchez-Bracero et al.	2026	Keine eigene Patientenstichprobe; eingeschlossen wurden 71 peer-reviewte und graue Literaturquellen aus den Jahren 2001 bis 2024 zur Charakterisierung dysfunktionaler Atmung bei pädiatrischen und erwachsenen Populationen in unterschiedlichen klinischen Kontexten.	Keine Therapieprüfung; untersucht wurden Definitionen, Terminologie, Symptome, Dimensionen, diagnostische und assessierende Verfahren, Komorbiditäten, psychophysiologische Zusammenhänge und Klassifikationsmodelle.	Scoping-Review nach einem strukturierten Such- und Auswahlverfahren; aus 6026 identifizierten Datensätzen verblieben nach Duplikantenentfernung, Screening und Volltextprüfung 71 Quellen. Ziel war eine umfassende Kartierung der klinischen Charakterisierung dysfunktionaler Atmung und bestehender Wissenslücken.	Sechs Hauptthemen wurden identifiziert: Definition (69 % der Quellen), Diagnose und Assessment (86 %), Symptome und Dimensionen (87 %), Komorbiditäten (64 %), psychophysiologische Verbindungen (43 %) und Klassifikation (50 %). Die Literatur verwendet uneinheitliche und teilweise überlappende Begriffe, Messinstrumente und Klassifikationen; dies erschwert Diagnostik, Therapieplanung und Vergleichbarkeit. Gefordert werden eine multidimensionale Konsensdefinition, validierte Instrumente und standardisierte Klassifikations- und Assessmentrahmen.
Dysfunctional breathing or breathing pattern disorder: New perspectives on a common but clandestine cause of breathlessness Respirology 2024;29(10):863-866; DOI: 10.1111/resp.14807	Ruane et al.	2024	Keine eigene Studienpopulation; Perspektivbeitrag zu Menschen mit unerklärter oder im Verhältnis zur organischen Herz- beziehungsweise Lungenerkrankung übermäßiger Atemnot und auffälligem Atemmuster.	Keine standardisierte Intervention; empfohlen wird eine phänotyp- und mechanismusorientierte Behandlung mit spezialisierter Atemphysiotherapie, Atemwahrnehmung und Retraining sowie konsequenter Behandlung organischer, laryngealer und psychischer Begleitfaktoren.	Peer-reviewter Kurzreview beziehungsweise klinischer Perspektivartikel; Ziel war eine zeitgemäße multidimensionale Einordnung dysfunktionaler Atmung, die Verbesserung der Erkennung und die Abkehr von einer rein ausschlussdiagnostischen Betrachtung.	Dysfunktionale Atmung wird als häufig übersehene Ursache von Atemnot beschrieben, die ohne organische Erkrankung oder zusätzlich zu Asthma, COPD und anderen Erkrankungen auftreten kann und auch nicht respiratorische Symptome verursacht. Die Autoren befürworten eine positive Diagnose anhand von Anamnese, Atemmusterbeobachtung und geeigneten physiologischen Untersuchungen sowie eine individualisierte Therapie.
Dysfunctional breathing: a review of the literature and proposal for classification European Respiratory Review 2016;25(141):287-294; DOI: 10.1183/16000617.0088-2015	Boulding et al.	2016	Keine eigene Studienpopulation; Literatur zu Erwachsenen und Kindern mit chronisch verändertem Atemmuster, Atemnot und weiteren Symptomen ohne ausreichende organische Erklärung oder in einem Ausmaß, das die vorhandene kardiorespiratorische Erkrankung übersteigt.	Keine einheitliche Therapieprüfung; diskutiert werden Aufklärung, Atem-Retraining und physiotherapeutische Korrektur biomechanischer und ventilatorischer Fehlmuster sowie die Behandlung begleitender organischer und psychischer Faktoren.	Narrativer Literaturreview mit Suchbegriffen zu dysfunktionaler Atmung, Hyperventilation, Nijmegen-Fragebogen und thorakoabdomineller Asynchronie; Ziel war die Zusammenfassung von Präsentation, Diagnostik und Therapie sowie der Vorschlag einer klinischen Klassifikation.	Vorgeschlagen werden fünf Muster: Hyperventilationssyndrom, periodisches tiefes Seufzen, thorakal dominierte Atmung, forcierte abdominelle Expiration und thorakoabdominelle Asynchronie. Die Klassifikation verdeutlicht, dass dysfunktionale Atmung nicht mit Hyperventilation gleichzusetzen ist und biomechanische, biochemische und psychophysiologische Komponenten umfassen kann.

3.2 Dysfunktionale Atmung im Kindes- und Jugendalter

Bei Kindern und Jugendlichen umfasst das Spektrum Atemmusterstörungen, Seufzerdyspnoe, Hyperventilation, ILO/VCD, habituellen Husten sowie ticartige oder psychogene Symptome. Die Arbeiten behandeln klinische Merkmale, psychologische Begleitfaktoren, Diagnosestellung, Aufklärung, Atemphysiotherapie, Symptomkontrolltechniken und psychologische Unterstützung.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Dysfunktionelle respiratorische Symptome (DRS) im Kindes- und Jugendalter Monatsschrift Kinderheilkunde 2026;174(6):513-523; DOI: 10.1007/s00112-026-02384-0	Koerner- Rettberg	2026	Keine eigene Studienpopulation; CME-Übersicht zu Kindern und Jugendlichen mit dysfunktionellen respiratorischen Symptomen, deren Beschwerden sich mit Asthma und anderen organischen Atemwegserkrankungen überschneiden können.	Störungsbildabhängiges Vorgehen von Aufklärung und Rückversicherung im Rahmen einer positiven Diagnose über atemphysiotherapeutische Interventionen und Symptomkontrolltechniken bis zur psychologischen beziehungsweise psychotherapeutischen Mitbehandlung.	Zertifizierter klinischer Fortbildungs- und Übersichtsbeitrag; Ziel war die strukturierte Darstellung des DRS-Spektrums, relevanter Differenzialdiagnosen sowie diagnostischer und therapeutischer Strategien für Pädiatrie und Pneumologie.	Das Spektrum wird in Störungen des Atemmusters, Auffälligkeiten einzelner Atemzüge, Tic-artige beziehungsweise stereotype Symptome und psychogene Störungen der Atmungsempfindung gegliedert; dazu zählen unter anderem ILO/VCD, habitueller Husten, Seufzerdyspnoe und Hyperventilation. Die Autorin beschreibt insgesamt eine sehr gute Therapieansprache und betont die Vermeidung unnötiger, unwirksamer Pharmakotherapie sowie die Verbesserung der Lebensqualität.
Psychological characteristics of functional respiratory disorders in children and adolescents - Pilot study Pediatric Pulmonology 2022;57(12):3027-3034; DOI: 10.1002/ppul.26129	Niggemann et al.	2022	Initial 106 Kinder und Jugendliche mit funktionellen respiratorischen Störungen sowie 58 gesunde Kontrollpersonen; mittleres Alter 12,6 beziehungsweise 11,9 Jahre. Die Patientengruppe umfasste unterschiedliche funktionelle respiratorische Erscheinungsformen.	Keine einheitliche randomisierte Therapie; nach Diagnosestellung erfolgten störungsbildbezogene primäre Interventionen im klinischen Alltag. Nach sechs Monaten wurden Symptome, Belastung, Beeinträchtigung und psychologische Merkmale erneut erhoben.	Prospektive, multizentrische, nicht randomisierte Pilotstudie; querschnittlich wurden soziofamiliäre und psychologische Merkmale mittels Child Behavior Checklist, Youth Self-Report und SOMS-KJ mit Kontrollen verglichen, longitudinal wurden Verlauf und Stabilität psychologischer Merkmale untersucht.	Im Elternurteil waren die Skalen ängstlich/depressiv ($p = 0,002$) und schizoid/zwanghaft ($p = 0,001$) erhöht; zudem bestanden Tendenzen zu stärker internalisierendem Verhalten und einem höheren Gesamtscore. Im Selbstbericht waren die Unterschiede geringer. Nach sechs Monaten waren 31 % symptomfrei und 42 % gebessert; elterlich berichtete Belastung und Beeinträchtigung nahmen für Eltern und Kinder deutlich ab. Die psychologischen Fragebogenscores veränderten sich longitudinal nicht signifikant.
Dysfunktionelle respiratorische Symptome Monatsschrift Kinderheilkunde	Grüber et al.	2015	Keine eigene Studienpopulation; klinischer Überblick zu Kindern und Jugendlichen mit wiederkehrenden oder chronischen respiratorischen Symptomen, die durch	Empfohlen werden eine positive und verständliche Diagnosevermittlung, Aufklärung über den grundsätzlich benignen Charakter, Training eines	Klinischer Übersichts- und Leitthemenbeitrag; Ziel war die Beschreibung und Abgrenzung dysfunktioneller respiratorischer	Das Spektrum umfasst unter anderem laryngeale Dysregulation, Störungen des Atemmusters wie Hyperventilation oder Seufzerdyspnoe, psychogene Störungen und stereotype Symptome wie Räuspern oder habituellen Husten. Eine frühe

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
2015;163(12):1246-1253; DOI: 10.1007/s00112-015-3386-8			strukturelle beziehungsweise organische Befunde nicht ausreichend erklärt werden und somatische Atemwegserkrankungen nachahmen können.	physiologischen Atemmusters, Selbstkontroll- und Symptomunterbrechungstechniken sowie bei Bedarf psychologische oder psychotherapeutische Beratung; organische Komorbiditäten sind parallel zu behandeln.	Symptome, die Bereitstellung praktikabler Mindestkriterien für die Differenzialdiagnose und die Darstellung eines interdisziplinären Vorgehens.	positive Diagnose soll Fehlanpassung, Stigmatisierung, unnötige Diagnostik und unwirksame medikamentöse Therapie verhindern.

3.3 Dysfunktionale Atmung im Erwachsenenalter

Die Arbeiten beschreiben dysfunktionale Atmung bei Erwachsenen mit Atemnot, Schwindel, Anspannung und weiteren psychophysiologischen Symptomen. Untersucht werden Zusammenhänge zwischen subjektiven Beschwerden, beobachteten Atemmustern, physiologischen Messwerten, Angst und Alexithymie sowie Ansätze zur multidimensionalen Diagnostik und zum Atem-Retraining.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Dysfunctional breathing or breathing pattern disorder: New perspectives on a common but clandestine cause of breathlessness Respirology 2024;29(10):863–866; DOI: 10.1111/resp.14807	Ruane et al.	2024	Keine eigene Stichprobe; thematisiert werden Erwachsene mit unerklärter oder überproportionaler Dyspnoe und möglichen begleitenden Atemwegs- oder Systemerkrankungen.	Keine standardisierte Intervention; diskutiert werden individualisierte Atemmusteranalyse, physiotherapeutisches Atem-Retraining und Behandlung beitragender Komorbiditäten.	Peer-reviewter Kommentar beziehungsweise Perspektivartikel; Ziel ist eine zeitgemäße klinische Einordnung der dysfunktionellen Atmung als häufige, aber oft übersehene Ursache von Atemnot.	Dysfunktionelle Atmung kann eigenständig oder zusätzlich zu Asthma, COPD und anderen Erkrankungen auftreten und neben Dyspnoe zahlreiche nicht respiratorische Symptome verursachen. Die Autoren plädieren für eine positive, multidimensionale Diagnose statt einer reinen Ausschlussdiagnose und für spezialisierte Atemphysiotherapie.
Breathing Characteristics and Symptoms of Psychological Distress: An Exploratory Study Counseling and Values, 61(1), 10–27, 2016; DOI: 10.1002/cvj.12023	Crockett et al.	2016	79 junge Erwachsene im Collegealter.	Keine Therapie; Erfassung dysfunktionaler Atemmerkmale mittels Selbstbericht, Fremdbeobachtung und physiologischen Messungen.	Explorative Querschnittsstudie zum Zusammenhang zwischen Atemcharakteristika und Angst-, Alexithymie- sowie Depressionssymptomen.	Dysfunktionale Atemmerkmale korrelierten positiv mit Angst und Alexithymie. Depressionssymptome korrelierten nur mit selbstberichteter dysfunktionaler Atmung, nicht mit beobachteten oder physiologischen Atemmaßen.

3.4 Dysfunktionale Atmung bei Asthma und COPD als Komorbidität / Differenzialdiagnose

Dieses Unterkapitel verdeutlicht, dass Atemnot bei Asthma und COPD nicht ausschließlich durch die messbare Atemwegsobstruktion erklärt wird. Beobachtungsdaten zeigen, dass Angst und Depression unabhängig mit stärkerer Atemnot im Alltag und unter standardisierter Belastung verbunden sein können. Psychische Komorbiditäten, Symptommfokussierung und veränderte Atemmuster können Inaktivität und Krankheitsbelastung verstärken, ohne die organische Grunderkrankung infrage zu stellen. Pulmonale Rehabilitation mit Training, Edukation, Selbstmanagement und psychologischen Komponenten kann mehrere dieser Ebenen gemeinsam adressieren.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Anxiety and depression impact exertional breathlessness in daily life and during exercise testing: the CanCOLD study ERJ Open Research, 11(6), 00481–02025; DOI: 10.1183/23120541.00481-2025	Ekström et al.	2025	1.155 Teilnehmende der CanCOLD-Kohorte ab 40 Jahren; 42 Prozent Frauen, mittleres Alter 66 Jahre.	Keine Therapie; standardisierte inkrementelle Fahrradergometrie und Erfassung von Angst, Depression und Atemnot im Alltag.	Querschnittliche multivariable Analyse; Atemnot wurde mit mMRC und Borg-Skala während CPET beurteilt, adjustiert für Anthropometrie, Rauchen, Komorbiditäten und Lungenfunktion.	12 Prozent hatten Angst- und 6 Prozent Depressionssymptome; 5 Prozent berichteten relevante Alltagsatemnot und 16 bis 22 Prozent abnorme Belastungsatemnot im CPET. Höhere Angst- und Depressionswerte waren unabhängig mit stärkerer Atemnot im Alltag und bei standardisierter Belastung verbunden.
Lunge? Psyche? Reha! Gemeinsam stark gegen chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD) Zeitschrift für Pneumologie, 21(4), 230–237, 2024; DOI: 10.1007/s10405-024-00560-1	Schneeberg et al.	2024	Keine eigene Stichprobe; Menschen mit COPD und psychischen Begleiterkrankungen beziehungsweise Belastung.	Pulmonale Rehabilitation mit körperlichem Training, Edukation, Selbstmanagement und psychologischen Komponenten.	Deutschsprachige Übersichtsarbeit zur bidirektionalen Beziehung zwischen COPD, Dyspnoe, Angst und Depression sowie zum Stellenwert der Rehabilitation.	Psychische Komorbiditäten verstärken Symptomwahrnehmung, Inaktivität und ungünstige Krankheitsverläufe. Pulmonale Rehabilitation kann körperliche Leistungsfähigkeit, Dyspnoe, Lebensqualität und psychische Belastung gemeinsam verbessern; eine strukturierte Erkennung und interdisziplinäre Behandlung werden empfohlen.

3.5 Hyperventilation, Seufzerdyspnoe, ILO/VCD, habituellen Husten und psychogene Atmungsstörungen

Die Arbeiten behandeln verschiedene funktionelle Syndrome mit jeweils eigener Diagnostik und Therapie. Hyperventilation und auffällige Atemmuster treten unter anderem bei ME/CFS oder episodischer Atemnot auf und können mit Panik sowie katastrophisierenden Gedanken verbunden sein. Bei induzierbarer laryngealer Obstruktion gilt die Laryngoskopie während der Symptome beziehungsweise Belastung als zentrale Diagnostik; Atem-, Stimm- und Triggerkontrolltechniken bilden wichtige konservative Behandlungsansätze. Beim habituellen Husten stehen positive Diagnosestellung, Rückversicherung und die Unterbrechung von Aufmerksamkeits- und Verstärkungskreisläufen im Vordergrund. Nicht medikamentöse Verfahren können Beschwerden und Lebensqualität verbessern.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Abnormal breathing patterns and hyperventilation are common in patients with chronic fatigue syndrome during exercise Frontiers in Medicine 2025;12:1669036; DOI: 10.3389/fmed.2025.1669036	Mancini et al.	2025	57 Patientinnen und Patienten mit myalgischer Enzephalomyelitis/chronischem Fatigue-Syndrom (ME/CFS) sowie 25 alters- und aktivitätsangepasste, überwiegend inaktive Kontrollpersonen; untersucht wurden Belastungsdyspnoe, Hyperventilation und unregelmäßige Atemmuster während körperlicher Belastung.	Keine Therapieintervention; an zwei aufeinanderfolgenden Tagen erfolgte eine serielle kardiopulmonale Belastungsuntersuchung auf dem Fahrradergometer mit Erfassung von Atemfrequenz, Atemzugvolumen, Minutenventilation, endtidalem CO ₂ , VE/VCO ₂ , Sauerstoffaufnahme, Herzfrequenz und Blutdruck.	Originalarbeit mit physiologisch-beobachtendem Gruppenvergleich; Ziel war zu bestimmen, wie häufig dysfunktionale Atmung und Hyperventilation bei ME/CFS während Belastung vorkommen und wie beide Phänomene mit ventilatorischer Ineffizienz zusammenhängen.	Dysfunktionale Atmung wurde bei 24 von 57 ME/CFS-Betroffenen (42,1 %) gegenüber 4 von 25 Kontrollen (16 %) festgestellt (p < 0,02); Hyperventilation lag bei 18 Betroffenen (32 %) gegenüber einer Kontrollperson (4 %) vor (p < 0,01). Neun Betroffene, aber keine Kontrollperson, erfüllten beide Kriterien. Bei Hyperventilation war VE/VCO ₂ höher als ohne Hyperventilation (34,7 ± 7,2 gegenüber 28,1 ± 3,8; p < 0,001).
Management of non-pharmacologic therapy for chronic refractory cough: Mechanism, composition, applicable population, and assessment Heliyon 2023;9(10):e20351; DOI: 10.1016/j.heliyon.2023.e20351	Peng et al.	2023	Keine eigene Stichprobe; behandelt werden Patientinnen und Patienten mit chronischem refraktärem Husten.	Nicht pharmakologische Verfahren wie sprachtherapeutische beziehungsweise logopädische Hustenunterdrückung, Atem- und Physiotherapie sowie Verhaltensstrategien.	Narrativer Review zu Bestandteilen, Indikationen, Wirkmechanismen, geeigneten Patientengruppen und Bewertung nicht medikamentöser Therapie bei refraktärem chronischem Husten.	Nicht pharmakologische Therapie kann bei einem Teil der Betroffenen Hustenfrequenz und Lebensqualität verbessern und weist typischerweise wenige arzneimittelbezogene Nebenwirkungen auf.
Interaction of panic and episodic breathlessness among patients with life-limiting diseases: a cross-sectional study	Schloesser et al.	2023	46 Personen mit episodischer Atemnot bei lebenslimitierenden Erkrankungen; mittleres Alter 66 Jahre, 52 Prozent Frauen.	Keine Therapie; Erhebung von Atemnotepisoden, Panik, Panikstörung und katastrophisierenden Gedanken mittels Fragebögen, SCID und offener Befragung.	Querschnittsstudie zur Interaktion von Panik und episodischer Atemnot sowie zu vermittelnden psychologischen Mechanismen.	61 Prozent erlebten Panik während der gesamten Atemnotepisode, 39 Prozent in jeder Episode und 25 Prozent erfüllten Kriterien einer Panikstörung. Katastrophisierende Atemnotgedanken waren mit stärkerer Panik verbunden und

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Annals of Palliative Medicine,, 2023; DOI: 10.21037/apm-22-1304						vermittelten den Zusammenhang zwischen Atemnotintensität und Panik.
Die induzierbare laryngeale Obstruktion (ILO) - Ursachen, klinische Präsentation, Diagnostik und Therapie Monatsschrift Kinderheilkunde 2021;169:1075-1082; DOI: 10.1007/s00112-021-01159-z	Dillenhöfer et al.	2021	Keine eigene Studienpopulation; Positionspapier zu Kindern und Jugendlichen mit episodischer inspiratorischer Atemnot durch induzierbare glottische oder supraglottische Obstruktion, insbesondere bei belastungsinduzierter laryngealer Obstruktion und Vocal Cord Dysfunction.	Vorgeschlagen werden Aufklärung und Entängstigung, Wahrnehmung und Modifikation des Atemmusters, atemphysiotherapeutische beziehungsweise stimm- und sprechtherapeutische Techniken zur Entspannung und Öffnung des Larynx, symptomunterbrechende Manöver, Triggerkontrolle und Behandlung relevanter Begleitfaktoren; invasive Verfahren sind schweren ausgewählten Fällen vorbehalten.	Offenes Positions- und Konsensuspapier der GPP-Arbeitsgruppe; Ziel war die Vereinheitlichung von Nomenklatur und Pathophysiologie, die Beschreibung der klinischen Präsentation sowie ein ressourcenorientierter diagnostischer Algorithmus und eine detaillierte Darstellung konservativer Interventionen.	ILO umfasst dynamische funktionelle Einengungen auf glottischer und/oder supraglottischer Ebene und wird wegen der Symptomüberschneidung häufig als Asthma fehlbehandelt. Die kontinuierliche Laryngoskopie während Belastung gilt bei EILO als diagnostischer Goldstandard; bei begrenzter Verfügbarkeit sollen Anamnese, Provokation, Lungenfunktion und alternative laryngoskopische Verfahren gezielt kombiniert werden.
Habitueeller Husten im Kindes- und Jugendalter Monatsschrift Kinderheilkunde 2017;165(5):433-436; DOI: 10.1007/s00112-016-0193-9	Niggemann et al.	2017	Keine eigene Studienpopulation; Positionspapier zu Kindern und Jugendlichen mit persistierendem habituellem beziehungsweise Tic-Husten nach Ausschluss einer hinreichenden organischen Ursache.	Zentrale Maßnahmen sind die positive Diagnosestellung, verständliche Erklärung des Mechanismus, Beruhigung von Kind, Familie und Umfeld sowie Unterbrechung der Aufmerksamkeits- und Verstärkungskreisläufe; unnötige antitussive, antibiotische oder antiasthmatische Therapien sollen vermieden werden.	Positionspapier der Arbeitsgruppe „Dysfunktionelle Respiratorische Symptome“ der Gesellschaft für Pädiatrische Pneumologie; Ziel war die klinische Definition, differenzialdiagnostische Abgrenzung und ein praxisorientiertes therapeutisches Vorgehen.	Typisch sind ein trachealer, bellender oder hupender Husten, vollständiges Ausbleiben im Schlaf, häufige willentliche Reproduzierbarkeit auf Aufforderung und ein demonstrativer Charakter, der das Umfeld oft stärker belastet als die Betroffenen. Eine sichere positive Diagnose und konsequente Rückversicherung gelten als wichtigste Therapieelemente.

4. Nasenatmung, Mundatmung und nasales Stickstoffmonoxid

Die Studien untersuchen nasale Strömungsphysiologie, nasales Stickstoffmonoxid, Mundatmung sowie die Bedeutung der Atemroute bei Schlaf und körperlicher Belastung. Physiologische Arbeiten zeigen individuelle Nasenatemmuster und eine starke Zunahme des messbaren nasalen NO beim Summen; niedrige nNO-Werte können in bestimmten Erkrankungen diagnostisch relevant sein. Mundatmung ist insbesondere bei Kindern mit kraniofazialen, schlafbezogenen und myofunktionellen Auffälligkeiten assoziiert. Unter Belastung verändert Nasenatmung Ventilation und CO₂-Regulation.

4.1 Physiologie der Nasenatmung und nasales Stickstoffmonoxid

Die Arbeiten befassen sich mit Luftstromverteilung, Nasenzyklus, Sinusbelüftung und der Bildung von Stickstoffmonoxid in den oberen Atemwegen. Summen steigert das gemessene nasale NO kurzfristig stark und verbessert den Gasaustausch zwischen Nasenhaupthöhle und Nasennebenhöhlen; dies wird vor allem als physiologischer und diagnostischer Mechanismus diskutiert. Sehr niedrige nNO-Werte sind insbesondere bei primärer ziliärer Dyskinesie und teilweise bei Mukoviszidose relevant. Neuere Pilotstudien zeigen individuelle nasale Atemprofile sowie kurzfristige autonome oder neuronale Veränderungen durch Nasen- beziehungsweise unilaterale Nasenatmung.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
The effects of unilateral nostril breathing on brain functional network activity: a pilot study Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation 2026;23(1); online 2025; DOI: 10.1186/s12984-025-01782-x	White et al.	2025 online / 2026	30 gesunde Erwachsene, 19 Frauen und elf Männer, im Alter von 20 bis 53 Jahren.	Gerätgesteuerte, druckunterstützte unilaterale Nasenatmung mit dem Rest-Activity-Cycler; zunächst drei Minuten natürliche Atmung, danach je zehn Minuten mit ungefähr 90 Prozent des Atemflusses über das dominante und nicht dominante Nasenloch bei maximal 8 cmH ₂ O.	Explorative EEG-Pilotstudie mit 64-Kanal-EEG; untersucht wurden funktionelle Konnektivität, Kohärenz und Phase-Lag-Index bei linker gegenüber rechter sowie dominanter gegenüber nicht dominanter Nasenlochatmung.	Unterschiede der funktionellen Konnektivität zeigten sich nur beim Vergleich linker und rechter Nasenlochatmung, unter anderem im Default-Mode-, Saliens- und auditorischen Netzwerk; die Dominanz des spontanen Nasenzyklus war nicht entscheidend. Die Studie zeigt eine kurzfristige neuronale Modulation, jedoch keine klinische Verbesserung.
Humans have nasal respiratory fingerprints Current Biology 2025;35(13):3011–3021.e3; DOI: 10.1016/j.cub.2025.05.008	Soroka et al.	2025	97 Erwachsene in einer Kohorte mit wiederholten Langzeitmessungen des getrennten Luftstroms beider Nasenlöcher.	Keine Therapie; bis zu 24-stündige Messung mit einem tragbaren bilateralen Nasenluftstrom-Messgerät.	Beobachtungs- und Methodenstudie zur Frage, ob langfristige nasale Atemmuster individuell stabil und zur Identifikation beziehungsweise als Marker physiologischer und psychologischer Merkmale nutzbar sind.	Personen konnten allein anhand ihrer nasalen Atemmuster mit 96,8 Prozent Genauigkeit identifiziert werden; die Muster blieben bei Wiederholungsmessungen vergleichsweise stabil. Merkmale korrelierten mit Erregungsniveau, Body-Mass-Index, Angst, Depression und Verhaltensmaßen. Die Studie zeigt Assoziationen und biometrisches Potenzial.
Acoustic resonance therapy is safe and effective for the treatment of nasal congestion in rhinitis: A randomized sham-controlled trial. International Forum of Allergy & Rhinology. DOI: 10.1002/alar.23284	Luong et al.	2024 (online 2023)	52 erwachsene Patient:innen mit Rhinitis und nasaler Obstruktion/Verstopfung. Multizentrische Interventionsstudie mit aktiver ART oder Sham-Behandlung.	Acoustic Resonance Therapy (ART): nicht-pharmakologische vibrationale Behandlung über ein Kopfband, das patientenspezifische resonante akustische Energie an die sinonasalen Kavitäten abgibt. Anwendung: zweimal täglich über 2 Wochen; Vergleich mit nicht-therapeutischer Sham-Behandlung.	Multizentrische, randomisierte, doppelblinde, shamkontrollierte Studie. Primäre klinische Endpunkte: mittlere Veränderung des Nasal-Congestion-Subscores des Total Nasal Symptom Score (TNSS) und Veränderung des zusammengesetzten TNSS.	ART führte zu einer stärkeren Reduktion des Nasal-Congestion-Subscores als Sham (-0,87; 95%-KI -1,11 bis -0,62 vs. -0,44; 95%-KI -0,64 bis -0,23; p = 0,008). Auch der zusammengesetzte TNSS verbesserte sich stärker (-2,85 vs. -1,32; p = 0,027). Die Responderrate betrug 80,8% vs. 46,2%; adjustiertes relatives Risiko 1,95 (95%-KI 1,26-3,02; p = 0,003). Es wurden keine unerwünschten Ereignisse berichtet.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
						Schlussfolgerung: ART war in dieser kurzen Studie sicher und wirksamer als Sham bei nasaler Kongestion.
A nasal airflow oscillation device targeting nasal congestion: a preliminary report European Archives of Oto-Rhino-Laryngology 2024;281(5):2743–2747; DOI: 10.1007/s00405-024-08576-2	Bartley & Hankin	2024	21 Erwachsene mit chronischer Nasenkongestion ohne fixe anatomische Obstruktion; mittleres Alter 37 Jahre, 43 Prozent weiblich.	20-minütige Anwendung eines kleinen nasalen Luftstrom-Oszillationsgeräts.	Prospektive unkontrollierte klinische Vorstudie; objektiver Endpunkt war der maximale nasale Inspirationsfluss, ergänzt durch visuelle Analogskalen zu Kongestion, Drainage, Druck, Gesamtsymptomen, Geruch und Benutzerfreundlichkeit.	Der mittlere maximale nasale Inspirationsfluss stieg von 84,8 auf 99,0 l/min; subjektive Kongestion, Drainagegefühl, sinonasaler Druck und Gesamtsymptome verbesserten sich, der Geruchssinn nicht. Das Gerät wurde als einfach anwendbar und sicher bewertet.
Breathing Right... or Left! The Effects of Unilateral Nostril Breathing on Psychological and Cognitive Wellbeing: A Pilot Study Brain Sciences 2024;14(4):302; DOI: 10.3390/brainsci14040302	Vanutelli, Grigis & Lucchiari	2024	20 gesunde Teilnehmende in einer Pilotstichprobe.	Acht Tage tägliches Training mit ausschließlich rechter oder ausschließlich linker Nasenlochatmung.	Explorative Pilotstudie mit Zuordnung zu rechter beziehungsweise linker unilateraler Nasal-Atmung; täglich wurden Stimmung, Wohlbefinden und Mind-Wandering erfasst.	Beide Gruppen berichteten nach der täglichen Übung ein verbessertes Wohlbefinden. Rechte Nasenlochatmung war stärker mit Stressreduktion und Entspannung verbunden, linke Nasenlochatmung mit einer über die Zeit zunehmenden Reduktion des Gedankenabschweifens.
Nasal splinting and mouth breathing training reduce emergence delirium after endoscopic sinus surgery: a randomized controlled trial BMC Anesthesiology 2023;23(1); DOI: 10.1186/s12871-023-02262-2	Xu et al.	2023	200 Erwachsene nach endoskopischer Nasennebenhöhlenoperation unter Allgemeinanästhesie.	Präoperatives Training der Mundatmung und nasales Splinting beziehungsweise Simulation der postoperativen Nasenblockade versus Standardversorgung.	Randomisierte kontrollierte Studie; Ziel war die Prüfung, ob vorbereitendes Atemtraining das Emergence-Delir nach der Operation reduziert.	Die Inzidenz des Emergence-Delirs betrug in der Interventionsgruppe 16,3 Prozent gegenüber 35,6 Prozent in der Kontrollgruppe. Die Intervention war damit mit einer deutlichen Reduktion des unmittelbar postanästhesiologischen Delirs verbunden.
Treatment of sinus headache using a device that combines acoustic vibration with oscillating expiratory pressure	Miglani et al.	2023	29 Erwachsene mit subjektivem Sinuskopfschmerz beziehungsweise Gesichtsschmerz ohne objektiven Nachweis einer chronischen Rhinosinusitis	Simultane akustische Vibration und oszillierender expiratorischer Druck über ein nasales Gerät; zweimal täglich über vier Wochen.	Prospektive, einarmige Beobachtungsstudie an einem tertiären Zentrum; untersucht wurden Gesichtsschmerz mit VAS, Brief Pain	Nach vier Wochen sank der mittlere VAS-Wert von 59,6 auf 34,6, der mittlere BPI-Schmerz von 4,4 auf 2,9 und der MPQ-SF-Gesamtwert von 12,2 auf 6,5; ungefähr 70 Prozent erreichten eine minimale klinisch relevante Verbesserung. Es

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Laryngoscope Investigative Otolaryngology 2023;8(4):839–846; DOI: 10.1002/lio2.1124			in Untersuchung oder Computertomografie; mittleres Alter 49 Jahre, 55 Prozent weiblich.		Inventory und McGill Pain Questionnaire, Sicherheit und Zufriedenheit.	traten keine schwerwiegenden unerwünschten Ereignisse auf und 86 Prozent würden das Gerät erneut verwenden beziehungsweise empfehlen.
Acute nasal breathing lowers diastolic blood pressure and increases parasympathetic contributions to heart rate variability in young adults American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology 2023;325(6):R797–R808; DOI: 10.1152/ajpregu.00148.2023	Watso et al.	2023	20 junge Erwachsene, 13 Frauen und sieben Männer; Medianalter etwa 18 Jahre.	Jeweils fünf Minuten ausschließliche Nasen- und Mundatmung in randomisierter Reihenfolge.	Akute randomisierte Crossover-Untersuchung; verglichen wurden Blutdruck, Herzfrequenz und Parameter der Herzfrequenzvariabilität.	Unter Nasenatmung waren mittlerer Blutdruck und diastolischer Blutdruck niedriger als unter Mundatmung; der diastolische Wert betrug im Median 68 gegenüber 72 mmHg. Systolischer Blutdruck und Herzfrequenz unterschieden sich nicht; der hochfrequente HRV-Anteil war höher und das LF/HF-Verhältnis niedriger, was mit stärkerer parasympathischer Beteiligung vereinbar ist.
Functional nasal breathing rehabilitation: Effectiveness and feasibility of an online integrative breathing therapy protocol International Journal of Orofacial Myology 2022;48(1):1–15; DOI: 10.52010/ijom.2022.48.1.2	Courtney et al.	2022	23 Personen mit subjektiver Nasenobstruktion und selbstberichteter Mundatmung.	Vierwöchiges online durchgeführtes Functional Nasal Breathing Rehabilitation-Programm auf Grundlage integrativer Atemtherapie; formale Übungen und informelle Anwendung im Alltag.	Prospektive einarmige Machbarkeitsstudie; Endpunkte waren NOSE-Skala, numerische Symptomskalen, Allergiesymptome, Tages- und Nachtmundatmung sowie ein zusammengesetzter Fragebogen.	Gesamtscore, NOSE-Skala, subjektive Nasenatemschwierigkeit und Mundatmung verbesserten sich signifikant, Allergiesymptome dagegen nicht. Die Adhärenz war hoch; 91 Prozent übten mehr als viermal wöchentlich.
The SinuSonic: reducing nasal congestion with acoustic vibration and oscillating expiratory pressure Medical Devices: Evidence and Research 2019;12:305–310; DOI: 10.2147/mdr.s212207	Cairns & Bogan	2019	14 Personen aus einer Schlafambulanz mit seit mehr als zwei Wochen bestehender mittelgradiger bis schwerer nasaler Kongestion; 64 Prozent weiblich.	Einmalige Anwendung des SinuSonic-Geräts mit akustischer Vibration und sanftem oszillierendem expiratorischem Druck über zwei bis fünf Minuten.	Kleine prospektive Pilotstudie ohne Kontrollgruppe; vor und nach Anwendung wurden visuelle Analogskalen zu Kongestion und Atemerleichterung sowie globale Veränderungseindrücke erfasst.	Die Ränge der VAS-Werte für Kongestion und Atemerleichterung verbesserten sich signifikant; alle Teilnehmenden berichteten mindestens eine minimale Verbesserung und es wurden keine Beschwerden angegeben.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Nasal Respiration Entrain Human Limbic Oscillations and Modulates Cognitive Function The Journal of Neuroscience 2016;36(49):12448–12467; DOI: 10.1523/jneurosci.2586-16.2016	Zelano et al.	2016	Seltene Patientinnen und Patienten mit medikamentenrefraktärer Epilepsie und implantierten intrakraniellen Elektroden; ergänzend insgesamt 107 gesunde Teilnehmerinnen und Teilnehmer in Verhaltensversuchen.	Spontane Nasenatmung im Vergleich zu umgeleiteter Mundatmung; Analyse der Atemphase bei Aufgaben zur Furchtdiskrimination und Gedächtnisabrufleistung.	Mechanistische Humanstudie mit intrakraniell EEG und separaten Verhaltensexperimenten; Ziel war die Prüfung, ob der Atemrhythmus limbische Oszillationen und kognitive Funktionen moduliert.	Natürliche Nasenatmung synchronisierte Aktivität im piriformen Kortex, in Amygdala und Hippocampus; die Kopplung nahm bei Mundatmung ab. Inspirationsphasen waren mit veränderter Furchtdiskrimination und besserem Gedächtnisabruf verbunden.
Sonic aerosol therapy to target maxillary sinuses European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases 2012;129(5):244–250; DOI: 10.1016/j.anorl.2011.09.002	Durand et al.	2012	Sieben gesunde Freiwillige in der In-vivo-Untersuchung; ergänzend wurde ein plastiniertes menschliches Kopfmodell verwendet.	NL11SN-Sonic-Vernebler mit Aerosol und zusätzlichem 100-Hz-Schall; im Modell Gentamicinverneblung mit beziehungsweise ohne Schall.	Experimentelle Translationsstudie mit Szintigrafie der Sinusventilation und Aerosoldeposition bei Gesunden sowie quantitativer Deposition im anatomischen Modell; Ziel war die Prüfung der gezielten Wirkstoffabgabe in die Kieferhöhlen.	Der 100-Hz-Schall ermöglichte eine Belüftung der Nasennebenhöhlen; das Aerosol lagerte sich überwiegend in der Nasenhöhle und zu einem kleineren Anteil in der Lunge ab. Im Modell erhöhte der Schall die Gentamicinablagerung in den Sinus ungefähr um das Dreifache.
Nitric Oxide and the Paranasal Sinuses The Anatomical Record 2008;291(11):1479–1484; DOI: 10.1002/ar.20782	Lundberg	2008	Keine eigene Studienpopulation; der Review berücksichtigt physiologische und klinische Befunde bei Gesunden sowie bei Patientinnen und Patienten mit primärer ziliärer Dyskinesie, Mukoviszidose und chronischer Sinuserkrankung.	Keine untersuchte Therapie; zusammenfassende Betrachtung der Bildung, Messung und möglichen biologischen Funktionen von Stickstoffmonoxid in Nase und Nasennebenhöhlen.	Narrativer Übersichtsartikel zur seit 1995 beschriebenen NO-Produktion im Nasennebenhöhlenepithel; Ziel war die Einordnung der lokalen Abwehrfunktion, der diagnostischen Bedeutung des nasalen NO und möglicher Wirkungen des mit der Einatmung in die Lunge transportierten NO.	Gesundes Sinusepithel exprimiert eine induzierbare NO-Synthase und bildet kontinuierlich hohe NO-Konzentrationen; diskutierte Funktionen sind die direkte Hemmung von Krankheitserregern, die Stimulation der mukoziliären Aktivität und eine Verbesserung der pulmonalen Sauerstoffaufnahme durch lokale Vasodilatation. Bei primärer ziliärer Dyskinesie und Mukoviszidose sind nasale NO-Werte stark vermindert; besonders bei primärer ziliärer Dyskinesie besitzt dies diagnostische Bedeutung.
Sounding airflow enhances aerosol delivery into the paranasal sinuses European Journal of Clinical Investigation 2006;36(7):509–513;	Maniscalco et al.	2006	Sechs gesunde Probandinnen und Probanden; ergänzend wurde ein anatomisches Modell von Nase und Nasennebenhöhle untersucht.	Intranasale Verneblung des NO-Synthasehemmers L-NAME über einen Jet-Vernebler, der mit einer Schallvorrichtung verbunden war; Vergleich eines klingenden	Experimentelle Human- und Modellstudie; die Penetration von L-NAME in die Nasennebenhöhlen wurde beim Menschen indirekt anhand der anschließenden Abnahme des nasalen NO während des	Nach der Applikation ohne Schall veränderten sich die beim Summen erreichten nasalen NO-Werte nicht; die klingende Applikation führte dagegen zu einer signifikanten Abnahme um etwa 22 bis 35 Prozent und sprach damit für eine Penetration des Wirkstoffs in die Nasennebenhöhlen. Im

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
DOI: 10.1111/j.1365-2362.2006.01654.x				beziehungsweise oszillierenden Luftstroms mit einem nicht klingenden Luftstrom.	Summens beurteilt. Im Modell wurde die Aerosoldeposition in den Nasennebenhöhlen direkt zwischen klingender und nicht klingender Applikation verglichen.	anatomischen Modell war die Sinusdeposition mit Schall ungefähr viermal höher als ohne Schall. Die Ergebnisse stützen einen physikalischen Mechanismus zur verbesserten Aerosolzufuhr.
Humming Greatly Increases Nasal Nitric Oxide American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine 2002;166(2):144–145; DOI: 10.1164/rccm.200202-138bc	Weitzberg & Lundberg	2002	Zehn gesunde Probandinnen und Probanden.	Akutes nasales Summen mit oszillierendem Luftstrom im Vergleich zu einer ruhigen Einatem- beziehungsweise Ausatemsequenz bei festgelegtem expiratorischem Fluss; keine mehrwöchige therapeutische Anwendung.	Experimentelle physiologische Within-Subject-Studie; nasales NO wurde mittels Chemilumineszenz während des Summens und während ruhiger Einzelatemzüge gemessen. Ergänzend wurde ein Zwei-Kompartiment-Modell aus Nasenhaupthöhle und Nasennebenhöhle verwendet, um den Gasaustausch zu untersuchen.	Während des Summens stieg das gemessene nasale NO im Vergleich zur ruhigen Expiration ungefähr auf das 15-Fache. Im Modell führte der oszillierende Luftstrom zu einem deutlich verstärkten Gasaustausch zwischen Nase und Nasennebenhöhlen. Die Autoren leiteten daraus eine mögliche diagnostische Nutzung zur Beurteilung der NO-Produktion und der Durchgängigkeit der Sinusostien ab.

4.2 Mundatmung im Kindesalter, Schlaf und myofunktionelle Aspekte

Dieses Unterkapitel behandelt Mundatmung bei Kindern und Jugendlichen im Zusammenhang mit kraniofazialen Wachstum, Atemwegsdimensionen, Schlaf, Lebensqualität und orofazialer Funktion. Weitere Arbeiten untersuchen Mundatmung nach Adenotonsillektomie, myofunktionelle Therapie und mechanischen Mundschluss bei obstruktiver Schlafapnoe.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Prevalence of Oral Deleterious Habits among children: A systematic review and meta-analysis Journal of Oral Biology and Craniofacial Research 2025;15(6):1539-1562; DOI: 10.1016/j.jobcr.2025.09.004	Gyra et al.	2025	54 Prävalenzstudien mit insgesamt 53.119 Kindern und Jugendlichen im Alter von 3 bis 18 Jahren; untersucht wurden Mundatmung und weitere schädliche orale Gewohnheiten wie Bruxismus, Daumenlutschen, Lippen- und Nägelkauen sowie Zungenpressen.	Keine Therapieintervention; Erfassung und Meta-Analyse der Häufigkeit oraler Gewohnheiten als Grundlage für Früherkennung und präventive beziehungsweise kieferorthopädische Interventionen.	PROSPERO-registrierter systematischer Review und Meta-Analyse nach PRISMA mit Suche in mehreren medizinischen, psychologischen und zahnmedizinischen Datenbanken sowie grauer Literatur.	Die gepoolte Prävalenz mindestens einer schädlichen oralen Gewohnheit betrug 28,9 %; Mundatmung war mit 21,1 % eine der häufigsten Gewohnheiten, gefolgt beziehungsweise begleitet von Bruxismus mit 19,0 %. Die Prävalenz lag bei Jungen bei 29,4 % und bei Mädchen bei 26,9 % und war im Alter von 6 bis 12 Jahren mit 32,1 % am höchsten.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Mouth Closure and Airflow in Patients With Obstructive Sleep Apnea: A Nonrandomized Clinical Trial JAMA Otolaryngology–Head & Neck Surgery 2024; DOI: 10.1001/jamaoto.2024.3319	Yang et al.	2024	54 auswertbare Erwachsene mit obstruktiver Schlafapnoe während medikamentös induzierter Schlafendoskopie; 72 Prozent männlich, medianes Alter 55 Jahre, medianer AHI 26,9 pro Stunde.	Abwechselndes mechanisches Schließen des Mundes durch Druck auf das Kinn während einzelner Atemzüge; keine längerfristige Therapie.	Nicht randomisierte physiologische klinische Studie; primärer Endpunkt war die Veränderung des inspiratorischen Gesamtflusses bei offenem gegenüber geschlossenem Mund, stratifiziert nach Ausmaß der Mundatmung und velopharyngealer Obstruktion.	Im Gesamtkollektiv erhöhte Mundschluss den inspiratorischen Fluss, die Wirkung war jedoch heterogen. Bei moderater Mundatmung verbesserte sich der Fluss, während er bei ausgeprägter Mundatmung und insbesondere bei velopharyngealer Obstruktion abnahm.
Effects of mouth breathing on facial skeletal development in children: a systematic review and meta-analysis BMC Oral Health 2021;21(1); DOI: 10.1186/s12903-021-01458-7	Zhao et al.	2021	Zehn in die quantitative Synthese eingeschlossene Studien mit Kindern unter 18 Jahren; Vergleich von Mund- und Nasenatmung bei kraniofazialen beziehungsweise okklusalen Parametern.	Keine therapeutische Intervention; Auswertung der Auswirkungen chronischer Mundatmung auf Gesichtsschädel, Okklusion und Atemwegsmaße.	Systematischer Review und Meta-Analyse mit Recherche bis Februar 2020; Bewertung mittels ROBINS-I und GRADE.	Mundatmende Kinder zeigten im Mittel niedrigere SNA- und SNB-Winkel, höhere ANB- und vertikale Winkel sowie kleinere obere und hintere Atemwegsdimensionen. Die Befunde sprechen für eine Rückwärts- und Abwärtsrotation von Maxilla und Mandibula, eine steilere Okklusionsebene und eine Tendenz zur Proklination der oberen Frontzähne.
Postural disorders in mouth breathing children: a systematic review Brazilian Journal of Physical Therapy 2018;22(1):7–19; DOI: 10.1016/j.bjpt.2017.06.011	Neiva et al.	2018	Zehn Studien mit insgesamt 417 mundatmenden Kindern im Alter von fünf bis 14 Jahren.	Keine Therapie; Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Mundatmung und Kopf-, Hals- beziehungsweise Körperhaltung.	Systematischer Review mit Recherche bis März 2016; die methodische Qualität wurde mit der Downs-and-Black-Checkliste bewertet.	Die eingeschlossenen Untersuchungen verwendeten unterschiedliche fotografische, klinische und bewegungsanalytische Methoden. Alle Studien erzielten niedrige Qualitätswerte unter 14 Punkten; es bestand lediglich schwache Evidenz für eine Assoziation zwischen Mundatmung und Haltungsabweichungen.
Prevalence of upper respiratory tract infections in habitually snoring and mouth breathing children International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology 2018;107:37–41; DOI: 10.1016/j.ijporl.2018.01.022	Kukwa et al.	2018	4.837 auswertbare Elternfragebögen von ungefähr siebenjährigen Kindern aus drei polnischen Städten; 907 Kinder mit gewohnheitsmäßiger Mundatmung im Schlaf und 290 mit habituellem Schnarchen.	Keine Intervention; Fragebogenerfassung von Mundatmung, Schnarchen, Rhinosinusitis, Ohrinfektionen und Antibiotikagebrauch.	Populationsbasierte Querschnittsstudie von 2011 bis 2015; Ziel war die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen schlafbezogener Mundatmung beziehungsweise Schnarchen und Infektionen der oberen Atemwege.	Mundatmung wurde bei 18,7 Prozent und habituelles Schnarchen bei 6,0 Prozent berichtet; 79,3 Prozent der schnarchenden Kinder waren zugleich Mundatmer. Beide Merkmale waren stark mit häufigerer Rhinosinusitis, Ohrinfektionen und Antibiotikaaanwendung assoziiert.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Oral health status of children with mouth breathing due to adenotonsillar hypertrophy International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology 2018;113:11–15; DOI: 10.1016/j.ijporl.2018.07.018	Ballikaya et al.	2018	150 Kinder im Alter von drei bis 15 Jahren mit Mundatmung aufgrund adenotonsillärer Hypertrophie vor geplanter Operation; mittleres Alter 5,9 Jahre.	Keine therapeutische Studienintervention; standardisierte zahnärztliche Untersuchung vor Operation.	Querschnittliche klinische Beobachtungsstudie; Mundgesundheit wurde mit dmft/DMFT, ICDAS II, Plaque- und Gingivaindizes untersucht.	67,3 Prozent hatten kavitierte Karies; nach ICDAS II hatte kein Kind vollständig gesunde Zähne, 62 Prozent zeigten fortgeschrittene Karies und 89,3 Prozent Gingivitis. Die Ergebnisse dokumentieren eine hohe orale Krankheitslast in dieser selektierten Operationspopulation.
Salivary Markers and Microbial Flora in Mouth Breathing Late Adolescents BioMed Research International 2018;2018:1–8; DOI: 10.1155/2018/8687608	Mummolo et al.	2018	20 mundatmende späte Jugendliche beziehungsweise junge Erwachsene und 20 altersangepasste nasenatmende Kontrollen im Alter von 18 bis 23 Jahren.	Professionelle Mundhygiene und häusliche Mundhygieneinstruktion für beide Gruppen; Nachkontrollen nach drei und sechs Monaten.	Sechsmonatige beobachtende Fall-Kontroll-Studie; untersucht wurden Plaqueindex, Speichelfluss, Pufferkapazität sowie Streptococcus-mutans- und Lactobacillus-Belastung.	Speichelfluss und Pufferkapazität unterschieden sich nicht. Mundatmer hatten im Verlauf höhere Plaquewerte und ein ungefähr vierfach erhöhtes Risiko für Streptococcus-mutans-Werte über 10 ⁵ KBE.
Mouth breathing, nasal disuse, and pediatric sleep-disordered breathing Sleep and Breathing 2015;19(4):1257–1264; DOI: 10.1007/s11325-015-1154-6	Lee et al.	2015	64 normalgewichtige, nicht syndromale präpubertäre Kinder mit schlafbezogener Atmungsstörung nach Adenotonsillektomie; 18 Kinder wurden nach einem Jahr erneut polysomnografisch untersucht, neun davon hatten myofunktionelle Therapie durchgeführt.	Adenotonsillektomie als Ausgangsbehandlung; bei persistierender Mundatmung Empfehlung zu sechs Monaten myofunktioneller Therapie.	Retrospektive Kohortenstudie mit klinischer und polysomnografischer Beurteilung vor und nach Operation sowie kleiner nicht randomisierter Nachbeobachtungsgruppe.	Nach Adenotonsillektomie besserten sich Symptome, dennoch hatten 26 Kinder einen residualen AHI über 1,5 pro Stunde und 35 weiterhin ausgeprägte Mundatmung im Schlaf. In der kleinen Nachbeobachtung war die unbehandelte Gruppe schlechter als die myofunktionell behandelte Gruppe, bei der klinische und polysomnografische Befunde normalisierten.
Development of a Questionnaire for Measuring Health-related Quality of Life among Children and Adolescents with Mouth Breathing American Journal of Rhinology & Allergy 2015;29(6):e212–e215; DOI: 10.2500/ajra.2015.29.4258	Leal et al.	2015	Instrumentenentwicklung mit Fachpersonen, einem Elternteil und einem mundatmenden Kind; Pretest bei 30 Kindern und Jugendlichen; Validierung bei 60 Personen, davon 30 Mund- und 30 Nasenatmer.	Keine Therapie; Entwicklung und Prüfung des Mouth Breather Quality of Life Questionnaire mit 32 Items.	Methoden- und Validierungsstudie; geprüft wurden Verständlichkeit, Konstruktvalidität, interne Konsistenz und Test-Retest-Reliabilität.	Höhere MBQoL-Werte, entsprechend schlechterer Lebensqualität, waren signifikant mit Mundatmung verbunden. Die interne Konsistenz war gut mit Cronbachs α von 0,88 und die Test-Retest-Reliabilität sehr hoch mit r gleich 0,993.

4.3 Nasenatmung bei Belastung und Sport

Die Studien vergleichen Nasen-, Mund- und oronasale Atmung bei Ausdauer- und Kraftbelastungen. Erfasst werden Atemfrequenz, Minutenventilation, CO2-Regulation, Sauerstoffsättigung, subjektives Belastungsempfinden, Kraftausdauer und Leistungsfähigkeit bei unterschiedlichen Belastungsintensitäten.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Ventilatory Responses to Progressive Treadmill Speeds in Women: A Comparative Analysis of Nasal, Oral, and Oronasal Breathing Conditions International Journal of Environmental Research and Public Health 2025;22(5):718; DOI: 10.3390/ijerph22050718	Lee, Seo & Lee	2025	Zehn gesunde Frauen.	Progressive Laufbandbelastung von 5 bis 11 km/h unter ausschließlicher Nasen-, ausschließlicher Mund- und oronasaler Atmung.	Wiederholte vergleichende Belastungsstudie; gemessen wurden Herzfrequenz, Sauerstoffaufnahme, Atemfrequenz, Atemzugvolumen, Minutenventilation, VE/VCO ₂ und Atemzeiten.	Bei 5 bis 7 km/h waren die Unterschiede gering. Bei 10 bis 11 km/h führte ausschließliche Nasenatmung zu niedrigerer Atemfrequenz und Minutenventilation, aber höherem VE/VCO ₂ als Hinweis auf reduzierte ventilatorische Effizienz; Mund- und oronasale Atmung ermöglichten eine höhere Ventilation.
Nose vs. mouth breathing– acute effect of different breathing regimens on muscular endurance BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation, 16(1), 2024; DOI: 10.1186/s13102-024-00840-6	Lőrinczi et al.	2024	107 körperlich aktive Studierende; 68 Männer und 39 Frauen.	Bankdrücken bis zur Erschöpfung unter drei randomisierten Atembedingungen: nasal ein und aus, nasal ein und oral aus sowie oral ein und aus.	Randomisiertes Within-Subject-Experiment; Wiederholungszahl, Herzfrequenz, Sauerstoffsättigung und Belastungsempfinden wurden verglichen.	Wiederholungszahl, SpO2 und Belastungsempfinden unterschieden sich nicht signifikant. Bei Männern war die Herzfrequenz unter reiner Nasenatmung geringfügig niedriger, bei Frauen nicht; die Effektstärken waren klein. Die Studie zeigt keinen relevanten akuten Leistungsvorteil einer Atemform bei dieser Kraftausdauer Aufgabe.
Feasibility of a nasal breathing training during pulmonary rehabilitation: a pilot randomized controlled study Respiratory Physiology & Neurobiology 2023;308:103987; DOI: 10.1016/j.resp.2022.103987	Gouzi et al.	2023	19 Personen mit Hyperventilationssyndrom; mittleres Alter 48,3 Jahre, 18 Frauen und ein Mann.	Pulmonale Rehabilitation über drei Monate mit fünf Sitzungen nasaler Ventilationsübungen versus freiwillige Hypoventilation.	Offene randomisierte Pilotstudie; primärer Endpunkt war Belastungsdyspnoe, weitere Endpunkte waren mMRC, Sechs-Minuten-Gehstrecke, Lebensqualität, Nijmegen-Score, Bikarbonat und Zeitpunkt des Wechsels zur oronasalen Atmung.	Beide Gruppen verbesserten Dyspnoe, Gehstrecke und Lebensqualität ohne signifikante Überlegenheit der nasalen Übung; der Nijmegen-Score verbesserte sich stärker in der Nasenatmungsgruppe. Der Wechsel zur oronasalen Atmung beim Gehen trat nach Rehabilitation später auf.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Effects of nasal breathing on partial pressure of carbon dioxide in arterial blood during prolonged exercise in a hot environment Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine 2022;71(2):193–203; DOI: 10.7600/jspfsm.71.193	Kurokawa et al.	2022	Zwölf universitär trainierte Ausdauerathleten.	40-minütiges Radfahren bei 55 Prozent der maximalen Sauerstoffaufnahme in 35 °C und 40 Prozent Luftfeuchte; Nasenatmung versus Mundatmung im randomisierten Crossover.	Randomisierte Crossover-Physiologiestudie; erfasst wurden geschätzter arterieller CO ₂ -Partialdruck, Ventilation, Atemfrequenz, Körperkerntemperatur und weitere Belastungsparameter.	Der geschätzte PaCO ₂ war unter Nasenatmung zwischen Minute 10 und 40 höher; Minutenventilation und Atemfrequenz waren in der späteren Belastungsphase niedriger. Die Kerntemperatur unterschied sich nicht. Nasenatmung verhinderte somit teilweise den hyperthermiebedingten CO ₂ -Abfall.

4.4 Nasale Diagnostik und Atemwegserkrankungen

Dieses Unterkapitel verbindet diagnostische Verfahren mit Studien zu Rhinitis, Rhinosinusitis, Mukoviszidose, Asthma und subjektiver Nasenobstruktion. Thematisiert werden objektiver Nasenwiderstand, Symptomwahrnehmung, nasales NO, die NO-Reaktion auf Summen sowie Interventionen zu Kongestion, Postnasal Drip und Husten.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Association Between Nasal Obstruction Symptoms and Anxiety Ear, Nose & Throat Journal 2020;99(7):448–452; DOI: 10.1177/0145561319900747	Akkoca et al.	2020	120 Patientinnen und Patienten mit subjektiver Nasenobstruktion, eingeteilt in Septumdeviation und Beschwerden ohne nachweisbare Nasenpathologie; zusätzlich 57 gesunde Kontrollen.	Keine Therapie; diagnostische Erfassung mittels NOSE-Skala, Rhinomanometrie, Agoraphobic Cognitions Questionnaire und Body Sensations Questionnaire.	Querschnittliche vergleichende Beobachtungsstudie; Ziel war die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen objektiver beziehungsweise subjektiver Nasenfunktion und Angstmerkmalen.	Beide Beschwerdegruppen hatten höhere NOSE-, ACQ- und BSQ-Werte als Gesunde. Der objektive Nasenwiderstand war nur bei Septumdeviation erhöht, während Personen ohne organischen Befund ähnlich starke subjektive Obstruktions- und Angstwerte wie die Septumgruppe aufwiesen.
NAVIGATE II: Randomized, double-blind trial of the exhalation delivery system with fluticasone for nasal polypsis Journal of Allergy and Clinical Immunology 2019;143(1):126–	Leopold et al.	2019	323 Erwachsene mit chronischer Rhinosinusitis, Nasenpolypen und mittelgradiger bis schwerer nasaler Obstruktion.	Exhalation Delivery System mit Fluticason in Dosierungen von 93, 186 oder 372 µg zweimal täglich versus EDS-Placebo; 16 Wochen doppelblind, anschließend acht Wochen offene Behandlung mit 372 µg.	Randomisierte, doppelblinde, placebokontrollierte Parallelgruppenstudie über 24 Wochen; koprimäre Endpunkte waren Kongestion nach vier Wochen und bilateraler Polypengrad nach 16 Wochen.	Alle Fluticason-Dosen waren bei beiden koprimären Endpunkten dem Placebo überlegen. Der SNOT-22 verbesserte sich um etwa 21 Punkte gegenüber 11,7 Punkten unter Placebo; nach 24 Wochen waren bei ungefähr 25 Prozent Polypen auf mindestens einer Seite nicht mehr nachweisbar gegenüber 8,7 Prozent unter Placebo, und die Zahl der als

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
134.e5; DOI: 10.1016/j.jaci.2018.06.010						operationsgeeignet eingestuft Patienten sank um 62 bis 67 Prozent. Das Sicherheitsprofil entsprach weitgehend bekannten intranasalen Kortikosteroiden.
Chronic Rhinosinusitis: Epidemiology and Burden of Disease American Journal of Rhinology & Allergy 2016;30(2):134–139; DOI: 10.2500/ajra.2016.30.4297	DeConde & Soler	2016	Keine eigene Stichprobe; ausgewertet wurden populationsbezogene und klinische Daten zu Erwachsenen mit chronischer Rhinosinusitis.	Keine Intervention; Analyse von Epidemiologie, Lebensqualitätsbelastung sowie direkten und indirekten Kosten der chronischen Rhinosinusitis.	Literaturübersicht mit dem Ziel, Prävalenz, gesellschaftliche Belastung und patientenrelevante Auswirkungen der chronischen Rhinosinusitis zusammenzufassen.	Für Nordamerika und Europa wurden Prävalenzraten von etwa 4,5 bis 12 Prozent beschrieben. Besonders belastend waren Schlafstörungen, Fatigue, Stimmung, Kognition und Produktivitätsverlust; die indirekten Produktivitätskosten in den USA wurden mit rund 12,8 Milliarden US-Dollar jährlich angegeben und überstiegen damit die direkten Kosten.
The economic impact of allergic rhinitis and current guidelines for treatment Annals of Allergy, Asthma & Immunology 2011;106(2):S12–S16; DOI: 10.1016/j.anai.2010.10.014	Meltzer & Bukstein	2011	Keine eigene Stichprobe; berücksichtigt wurden Publikationen zu allergischer Rhinitis, Behandlungskosten, Leitlinien, Wirksamkeit, Nebenwirkungen und Adhärenz.	Pharmakologische und nicht näher spezifizierte leitliniengerechte Therapieoptionen der allergischen Rhinitis; Bewertung von Wirksamkeit und anwendungsbedingten Problemen.	Literaturreview auf Basis von MEDLINE, OVID, PubMed und ergänzenden Quellen bis November 2009; Ziel war die Darstellung der ökonomischen Belastung und der damaligen Behandlungsempfehlungen.	Die direkten medizinischen Kosten wurden auf ungefähr 3,4 Milliarden US-Dollar geschätzt, wobei nahezu die Hälfte auf verschreibungspflichtige Medikamente entfiel.
Epidemiology and burden of nasal congestion International Journal of General Medicine 2010;37; DOI: 10.2147/ijgm.s8077	Stewart	2010	Keine eigene Studienpopulation; zusammengefasst werden Daten zu Patientinnen und Patienten mit allergischer Rhinitis, Rhinosinusitis, Nasenpolypen, obstruktiver Schlafapnoe sowie weiteren Ursachen einer nasalen Obstruktion.	Keine untersuchte Einzeltherapie; epidemiologische und gesundheitsökonomische Einordnung der nasalen Kongestion.	Narrativer Übersichtsartikel zur Häufigkeit, Krankheitslast und Bedeutung der nasalen Kongestion als Leitsymptom verschiedener rhinologischer Erkrankungen.	Nasale Kongestion ist häufig und beeinträchtigt Schlaf, Tagesleistung, Schule, Beruf und Lebensqualität; allergische Rhinitis betrifft weltweit bis zu etwa ein Viertel der Bevölkerung, während Rhinosinusitis hohe direkte und indirekte Kosten verursacht. Der Beitrag leitet einen erheblichen ungedeckten Bedarf an wirksamen Behandlungsoptionen ab.
Nasal nitric oxide in cystic fibrosis with and without humming European Journal of Clinical Investigation 2007;37(2):140–144;	Struben et al.	2007	31 Patientinnen und Patienten mit Mukoviszidose und 23 gesunde Kontrollen.	Zehn Sekunden Atemanhalten mit stiller nNO-Messung sowie zehn Sekunden Summen bei geschlossenem Mund.	Querschnittliche diagnostisch-physiologische Vergleichsstudie; untersucht wurde, ob Summen die Trennung zwischen Mukoviszidose und Gesunden verbessert.	Das mittlere nNO während Atemanhalten war bei Mukoviszidose deutlich niedriger; beim Summen betrug der mediane Peak 120 ppb gegenüber 1.500 ppb bei Gesunden. Sensitivität und Spezifität zur Erkennung von Mukoviszidose waren mit Summen besser als bei stiller Messung.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
DOI: 10.1111/j.1365-2362.2007.01758.x						
Veränderung von Postnasal Drip, Reizhusten, Atemwegswiderstand und bronchialer Hyperreagibilität bei Asthma bronchiale durch oszillierende PEP-Behandlung (RC-Cornet-N) des Nasen-Rachen-Raums. Atemwegs- und Lungenkrankheiten 2003;29(9):428–436	Cegla, Jost & Harten	2003	Die Publikation umfasst drei Untersuchungen: 100 Personen mit Asthma oder COPD und Postnasal Drip in einer orientierenden einwöchigen Anwendung, 52 Personen mit Postnasal Drip und rhinomanometrischer Verlaufsbeurteilung sowie 50 Personen mit Asthma und seit mindestens zwei Jahren bestehendem Postnasal Drip in der randomisierten Vier-Wochen-Studie (25 je Gruppe).	Das RC-Cornet-N wurde je nach Untersuchung zwei- bis dreimal täglich für zwei Minuten pro Nasenloch angewendet. In der randomisierten Studie nutzte die Interventionsgruppe nach Spülung mit 0,9-prozentiger NaCl-Lösung das RC-Cornet-N zweimal täglich; die Vergleichsgruppe führte ausschließlich die NaCl-Spülung durch. Die bestehende Asthmamedikation blieb unverändert.	Publikation mit zwei prospektiven einwöchigen Untersuchungen und einer prospektiven randomisierten, als Double-Dummy bezeichneten Vier-Wochen-Studie. Erfasst wurden Postnasal Drip, Reizhusten, Inspektionsbefund des Rachenraums, Nasen-Rachen-Volumen in der akustischen Rhinomanometrie, Atemwegswiderstand und Reversibilität nach Salbutamol.	Bei den 100 zunächst behandelten Personen waren Reizhusten und Postnasal Drip nach einer Woche bei 75 Prozent deutlich gebessert oder sistiert; die Schleimstraße im Rachen war bei 70 Prozent nicht mehr nachweisbar. Bei 52 Personen stieg das Nasen-Rachen-Volumen nach einer Woche von $45,99 \pm 22,17$ auf $57,04 \pm 22,03$ ml ($p < 0,000011$); Postnasal Drip war bei 73 Prozent und Reizhusten bei 54 Prozent verschwunden. In der randomisierten Studie berichteten nach einer Woche 84 Prozent eine erhebliche Besserung oder ein Verschwinden des Reizhustens und 88 Prozent eine entsprechende Besserung des Postnasal Drip. Der Atemwegswiderstand sank in der RC-Cornet-N-Gruppe von $0,43 \pm 0,06$ auf $0,38 \pm 0,05$ kPa·s/l nach zwei Wochen ($p < 0,0269$) und auf $0,37 \pm 0,07$ kPa·s/l nach vier Wochen ($p < 0,0006$). Der Atemwegswiderstand nach Salbutamol sank von $0,349 \pm 0,052$ auf $0,309 \pm 0,055$ kPa·s/l ($p < 0,000001$). Nach vier Wochen war Postnasal Drip bei 3 von 25 Personen mit RC-Cornet-N und bei 19 von 25 Personen der NaCl-Gruppe nachweisbar. Die Autoren berichteten eine signifikante Verbesserung von Beschwerden, Atemwegswiderstand und bronchialer Hyperreagibilität.

5. Leitlinien

Die Leitlinien und Fachstatements übertragen die Einzelergebnisse auf standardisierte Versorgungspfade bei Bronchiektasen, Mukoviszidose, Asthma, COPD, Parkinson-Krankheit, Herzinsuffizienz und Beatmungsentwöhnung. Übergreifend werden eine gesicherte Diagnose, Behandlung der Grunderkrankung, Schulung, individualisierte Auswahl und regelmäßige Verlaufskontrolle betont. Airway-Clearance-Techniken sind bei klinisch relevanter Sekretretention sinnvoll, ohne dass eine einzelne Methode für alle Betroffenen überlegen wäre. Atemmuskeltraining und Atemphysiotherapie werden vor allem als gezielte Ergänzungen bei nachgewiesenen funktionellen Defiziten eingeordnet; sie ersetzen keine pharmakologische oder krankheitsspezifische Standardtherapie. Die Empfehlungen berücksichtigen neben Wirksamkeit auch Sicherheit, Adhärenz, Selbstmanagement und interprofessionelle Versorgung.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Management erwachsener Patientinnen und Patienten mit Bronchiektasen-Erkrankung: S2k-Leitlinie der DGP Pneumologie 2024;78(11):833–899; DOI: 10.1055/a-2311-9450; AWMF-Registernummer: 020-030	Ringshausen et al.	2024	Keine eigene Patientenstichprobe; Zielgruppe sind Erwachsene mit radiologisch bestätigter Bronchiektasen-Erkrankung unterschiedlicher Ursache, Symptomlast und Schwere einschließlich Exazerbationen, chronischer Infektion, Komorbiditäten und besonderer Lebenssituationen.	Ätiologiebezogene Diagnostik und Behandlung, regelmäßige mikrobiologische Kontrolle, Atemphysiotherapie und selbstständig durchgeführte Airway-Clearance-Techniken bei chronisch produktivem Husten oder erschwerter Sekretmobilisation, körperliches Training und Rehabilitation, Impfungen und Selbstmanagement sowie indikationsgerechte Mukolytika, Bronchodilatoren, antiinflammatorische Therapien und Antibiotika; bei fortgeschrittener Erkrankung gegebenenfalls NIV, Operation oder Lungentransplantation.	Erste umfassende deutschsprachige, konsensusbasierte S2k-Leitlinie zum Management erwachsener Bronchiektasen; multidisziplinäre Entwicklung unter Beteiligung mehrerer Fachgesellschaften und Patientenvertretung. Ziel ist eine standardisierte, ätiologie- und risikoorientierte Versorgung einschließlich nicht medikamentöser, medikamentöser und sozialmedizinischer Aspekte.	Bei chronisch produktivem Husten, erschwerter Abhusten oder klinischen beziehungsweise bildgebenden Zeichen von Sekretretention soll der Zugang zu spezialisierter Atemphysiotherapie ermöglicht und eine selbstständige Durchführung, häufig ein- bis zweimal täglich, geschult werden. Keine einzelne ACT ist für alle Betroffenen überlegen; Auswahl, Intensität und Verlaufskontrolle sollen individualisiert werden. Die Leitlinie betont CT-basierte Diagnosesicherung, Ursachenabklärung, Exazerbationsprävention, Patientenschulung und Selbstmanagement.
Nationale VersorgungsLeitlinie Asthma, Version 5.0 Programm für Nationale VersorgungsLeitlinien 2024; AWMF-Registernummer: nvl-002	BÄK, KBV & AWMF	2024	Keine eigene Studienpopulation; die S3-Leitlinie richtet sich an Kinder, Jugendliche und Erwachsene mit Asthma sowie an alle an Diagnostik, Langzeitbehandlung, Schulung, Notfallmanagement und sektorenübergreifender Versorgung beteiligten Berufsgruppen.	Stufenweise, grundsätzlich inhalatives Kortikosteroid enthaltende medikamentöse Langzeittherapie, Prüfung von Inhalationstechnik und Adhärenz, Asthmaschulung und schriftlicher Aktionsplan, Trigger- und Tabakexpositionsmanagement, körperliches Training sowie indikationsbezogene	Interdisziplinäre Nationale VersorgungsLeitlinie, Version 5.0, mit systematischer Evidenzaufbereitung, strukturiertem Konsens und formaler Aktualisierung der Kapitel; 2024 wurden insbesondere medikamentöse Empfehlungen überprüft und angepasst. Ziel ist eine standardisierte,	Zentrale Ziele sind gute Symptomkontrolle, Vermeidung von Exazerbationen, Erhalt der Aktivität und Reduktion therapiebedingter Risiken. Regelmäßiges körperliches Training wird stark empfohlen; Atemphysiotherapie ist keine generelle Ersatztherapie für die antiinflammatorische Asthmabehandlung, sondern eine Ergänzung bei dysfunktionaler Atmung, VCD, Dyskrie oder ausgeprägter Atemnotangst.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
				Atemphysiotherapie. Bei Asthma mit dysfunktionaler Atmung einschließlich Vocal Cord Dysfunction soll Atemphysiotherapie angeboten werden; bei zusätzlichem Bedarf, etwa Dyskrie oder durch Atemnot bedingter Angst, sollte sie angeboten werden.	patientenzentrierte Langzeitversorgung über alle Sektoren.	
AARC Clinical Practice Guideline: Spontaneous Breathing Trials for Liberation From Adult Mechanical Ventilation Respiratory Care 2024;69(7):891–901; DOI: 10.4187/respcare.11735	Roberts et al.	2024	Keine eigene Patientenstichprobe; die Leitlinie richtet sich an erwachsene kritisch kranke Patientinnen und Patienten unter invasiver mechanischer Beatmung, bei denen die Bereitschaft zur Spontanatmungsprüfung und zur Liberation vom Beatmungsgerät beurteilt wird.	Standardisierte tägliche Beurteilung der SBT-Bereitschaft und Durchführung einer Spontanatmungsprüfung mit oder ohne niedrige Druckunterstützung; keine routinemäßige Berechnung des Rapid-Shallow-Breathing-Index zur Entscheidung über die SBT-Bereitschaft; die inspiratorische Sauerstofffraktion soll während der SBT nicht erhöht werden.	Evidenzbasierte klinische Praxisleitlinie der American Association for Respiratory Care; eine interprofessionelle Leitliniengruppe bearbeitete vier PICO-Fragen anhand systematischer Evidenzaufbereitung und GRADE-Bewertung. Ziel war eine praxisnahe Standardisierung bislang uneinheitlich umgesetzter Aspekte der SBT-Durchführung.	Vier bedingte Empfehlungen werden ausgesprochen: Der Rapid-Shallow-Breathing-Index ist zur Feststellung der SBT-Bereitschaft nicht erforderlich; SBTs können mit oder ohne Druckunterstützung durchgeführt werden; die Eignung soll täglich standardisiert beurteilt und eine geeignete SBT möglichst vor Mittag abgeschlossen werden; die FiO ₂ soll während der SBT nicht erhöht werden.
European Respiratory Society statement on airway clearance techniques in adults with bronchiectasis European Respiratory Journal 2023;62(1):2202053; DOI: 10.1183/13993003.02053-2022	Herrero-Cortina et al.	2023	Keine eigene Patientenstichprobe; Zielgruppe sind Erwachsene mit Bronchiektasen und chronischer Sekretproblematik. Einbezogen wurden klinische Praxisdaten, Patientenperspektiven und randomisierte Studien zu Airway-Clearance-Techniken; die Task Force bestand aus 14 Fachpersonen und zwei Patientenvertreterinnen beziehungsweise -vertretern aus zehn Ländern.	Airway-Clearance-Techniken zur Sekretmobilisation, insbesondere Active Cycle of Breathing Techniques, PEP- und oszillierende PEP-Geräte, autogene Drainage, ELTGOL, schwerkraftunterstützte Drainage, manuelle Verfahren und körperliche Aktivität; die Auswahl soll an Symptome, Physiologie, Präferenz, Fähigkeit zur Selbstanwendung und Adhärenz angepasst werden.	ERS-Statement mit sechs konsentierten Fragestellungen und systematischen Literaturrecherchen; zusammengefasst wurden physiologische Wirkmechanismen, Vor- und Nachteile einzelner Techniken, Anwendung in der Versorgung, Ergebnisse von 30 randomisierten Studien sowie Barrieren und fördernde Faktoren aus Patientensicht. Es handelt sich um eine evidenzinformierte Stellungnahme und nicht um eine formal nach GRADE entwickelte klinische Praxisleitlinie.	Airway-Clearance-Techniken steigern die Sputumclearance während oder nach der Behandlung, vermindern die Belastung durch Husten und können Exazerbationsrisiko sowie gesundheitsbezogene Lebensqualität verbessern. Eine universell überlegene Einzeltechnik lässt sich nicht ableiten; Zugang, Schulung, korrekte Durchführung, individuelle Anpassung und langfristige Adhärenz sind entscheidend.
S3-Leitlinie: Lungenerkrankung bei Mukoviszidose – Pseudomonas aeruginosa DGP/GPP, Version 2.0, Stand 27.09.2022; redaktionell geändert	Schwarz et al.	2022/2023	Keine eigene Stichprobe; die Leitlinie adressiert Menschen mit Mukoviszidose aller Altersstufen bis zum ersten Nachweis von Pseudomonas aeruginosa sowie Patientinnen und Patienten mit	Standardisierte mikrobiologische Diagnostik, Eradikation nach Erstnachweis und langfristige antimikrobielle Strategien bei chronischer Infektion; regelmäßige Atemphysiotherapie und Sekret-Clearance,	Evidenz- und konsensbasierte S3-Leitlinie als Zusammenführung und Aktualisierung der früheren Module zu Erstnachweis und chronischer Pseudomonas-Infektion; systematische Evidenzbewertung und	Bei chronischer Pseudomonas-Infektion sollte eine Intensivierung von Frequenz und Intensität der Atemphysiotherapie nach klinischem Zustand erfolgen, Empfehlungsgrad B bei starkem Konsens. Körperliche Aktivität ist für Menschen mit Mukoviszidose grundsätzlich sinnvoll; eine

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
07.02.2023; AWMF-Registernummer: 026-022			nachgewiesener chronischer Pseudomonas-Infektion der unteren Atemwege; ambulante und stationäre Versorgung werden berücksichtigt.	körperliche Aktivität und Training, Behandlung der oberen Atemwege und gegebenenfalls lokal applizierte Antibiotika. Bei chronischer Infektion sollen Frequenz und Intensität physiotherapeutischer Maßnahmen abhängig vom klinischen Zustand gesteigert werden.	strukturierte Konsensverfahren. Ziel ist die Standardisierung von Diagnostik, Eradikation, Langzeittherapie und Qualitätskriterien mit späterem Eintritt einer chronischen Infektion und weniger Exazerbationen bei möglichst geringer Therapielast.	Intensivierung von Training und Sport kann bei chronischer Infektion erwogen werden, wobei direkte Evidenz für eine infektionsspezifische Anpassung fehlt. Für obere Atemwege werden mikrobiologische Proben bei Erstrnachweis beziehungsweise nach Eradikation und bei geeigneter Indikation eine lokale Antibiotikatherapie empfohlen. Komplementäre Verfahren werden nicht als alleinige Behandlung der chronischen Pseudomonas-Infektion empfohlen.
S2k-Leitlinie Parkinson-Krankheit, Version 8.1 Deutsche Gesellschaft für Neurologie 2023; AWMF-Registernummer: 030/010	DGN-Leitliniengruppe	2023	Keine eigene Stichprobe; Zielgruppe sind Menschen mit Parkinson-Krankheit. Für den atem- und schlucktherapeutischen Abschnitt stehen insbesondere Patientinnen und Patienten mit leichter bis mittelgradiger hypokinetischer Dysphagie, eingeschränkter Schlucksicherheit und vermindertem Hustenstoß im Mittelpunkt.	Störungsmusterspezifische logopädische Schlucktherapie und bei leichter bis mittelgradiger hypokinetischer Dysphagie ein vierwöchiges expiratorisches Muskelkrafttraining, beispielsweise mit EMST150; Diagnostik und Verlaufskontrolle können durch FEES oder Videofluoroskopie erfolgen. Die Maßnahme ergänzt die Optimierung der dopaminergen Therapie und weitere individuell ausgewählte Schluckstrategien.	Konsensbasierte und evidenzinformierte S2k-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Neurologie; für Dysphagie wurden systematische Reviews, randomisierte kontrollierte Studien und Expertenkonsens ausgewertet. Die Empfehlung zum EMST beruht insbesondere auf zwei randomisierten kontrollierten Studien und erreichte eine Konsensstärke von 94,1 Prozent.	Parkinson-Patientinnen und -Patienten mit leicht- bis mittelgradiger hypokinetischer Dysphagie sollten ein vierwöchiges EMST erhalten; dadurch können Schluckeffektivität und Schlucksicherheit verbessert werden. In den zugrunde liegenden Studien wurden eine leichte Reduktion des Aspirationsgrads, bessere Larynxelation und weniger pharyngeale Residuen beschrieben, wobei der Effekt auf die Schluckeffektivität nach drei Monaten noch nachweisbar war.
2022 ACC/AHA/HFSA Guideline for the Management of Heart Failure Journal of Cardiac Failure 2022;28(5):e1–e167; DOI: 10.1016/j.cardfail.2022.02.010	Heidenreich et al.	2022	Keine einzelne Studienpopulation; die Leitlinie gilt für Erwachsene mit Risiko für Herzinsuffizienz sowie für Patientinnen und Patienten über das gesamte Spektrum von HFrEF, HFmrEF, HFpEF und fortgeschrittener Herzinsuffizienz einschließlich besonderer Versorgungssituationen und relevanter Komorbiditäten.	Patientenzentriertes Gesamtmanagement mit Prävention, evidenzbasierter Pharmakotherapie, Geräte- und Interventionstherapie, Behandlung von Volumenüberlastung und Komorbiditäten, Selbstmanagement, multidisziplinärer Versorgung, körperlicher Aktivität und kardialer Rehabilitation. Regelmäßiges körperliches Training wird bei belastbaren Patientinnen und Patienten empfohlen; eine eigenständige Standardempfehlung für inspiratorisches oder expiratorisches Muskeltraining enthält die Leitlinie nicht.	Multidisziplinäre evidenzbasierte Leitlinie als Ersatz der Fassung von 2013 und des Focused Update von 2017; systematische Literaturrecherche von Mai bis Dezember 2020, Ergänzung relevanter Studien bis September 2021 und Harmonisierung mit weiteren AHA/ACC-Dokumenten. Empfehlungen werden nach Empfehlungsstärke und Evidenzniveau klassifiziert.	Die Leitlinie strukturiert Herzinsuffizienz in Präventions- und Krankheitsstadien und betont eine frühe risikofaktororientierte Behandlung sowie leitliniengerechte medikamentöse Kombinationstherapie. Körperliches Training verbessert bei geeigneten Patientinnen und Patienten Funktionsstatus, Belastungsleistung und Lebensqualität; kardiale Rehabilitation kann die funktionelle Kapazität und gesundheitsbezogene Lebensqualität fördern.

Studie	Autor	Jahr	Teilnehmer/Erkrankung	Therapie	Studiendesign / Zielsetzung	Ergebnisse / Schlussfolgerung
Standards of Care and Good Clinical Practice for the Physiotherapy Management of Cystic Fibrosis, Fourth Edition Cystic Fibrosis Trust / ACPCF 2020; 4. Auflage, November 2020	Morrison & Parrott	2020	Keine eigene Studienpopulation; der Standard richtet sich an Menschen mit Mukoviszidose aller Altersstufen, ihre Familien und physiotherapeutische beziehungsweise multiprofessionelle Behandlungsteams. Er umfasst stabile Phasen, pulmonale Exazerbationen, besondere Lebensphasen und fortgeschrittene Erkrankung.	Individualisierte tägliche Atemwegsreinigung mit alters- und befundgerechter Auswahl aus ACBT, PEP, oszillierendem PEP, autogener Drainage, körperlicher Aktivität, modifizierter Lagerungsdrainage, manuellen Techniken und weiteren Geräten; zusätzlich Bewegungstraining, Inhalationsmanagement, Haltungs- und muskuloskelettale Therapie, Beckenbodentraining, nicht invasive Beatmung und physiotherapeutische Begleitung in besonderen Situationen.	Umfassendes evidenz- und konsensbasiertes Versorgungs- und Good-Practice-Dokument des Cystic Fibrosis Trust und der Association of Chartered Physiotherapists in Cystic Fibrosis; vierte Auflage als Aktualisierung früherer Standards. Empfehlungen werden mit der jeweiligen Qualität der Evidenz und ergänzenden Good-Practice-Punkten dargestellt.	Atemwegsreinigung soll lebenslang individualisiert, regelmäßig überprüft und an Alter, Lungenfunktion, Sekret, Exazerbationen, Lebensstil, Präferenz und Adhärenz angepasst werden. Oszillierende PEP-Geräte können als geeignete Technik erwogen werden, die Evidenz für eine Überlegenheit gegenüber anderen ACTs ist jedoch niedrig; ACBT und PEP fördern die selbstständige Durchführung. HFCWO ist anderen Verfahren nicht generell überlegen und kann langfristig ungünstigere Exazerbationsergebnisse als PEP zeigen.
Leitlinie zur Diagnostik und Therapie von Patienten mit chronisch obstruktiver Bronchitis und Lungenemphysem (COPD) Pneumologie 2018;72(4):253–308; DOI: 10.1055/s-0043-125031	Vogelmeier et al.	2018	Keine eigene Stichprobe; adressiert werden erwachsene Patientinnen und Patienten mit chronisch obstruktiver Bronchitis beziehungsweise Lungenemphysem sowie Personen mit entsprechendem Risikoprofil. Die Leitlinie bildet die deutsch-österreichische Versorgungssituation der damaligen Fassung ab.	Rauchstopp, Impfungen, körperliche Aktivität und pulmonale Rehabilitation, inhalative bronchodilatatorische Therapie und gegebenenfalls inhalative Kortikosteroide nach klinischem Profil, Behandlung von Exazerbationen und Komorbiditäten sowie Langzeitsauerstofftherapie oder nicht invasive Beatmung bei definierter Indikation; Atemphysiotherapie und Sekretmobilisation werden symptom- und befundbezogen eingesetzt, nicht pauschal bei allen Betroffenen.	Überarbeitete deutschsprachige klinische Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin und der Deutschen Atemwegsliga unter Beteiligung der Österreichischen Gesellschaft für Pneumologie; Aktualisierung der Version von 2007 auf Grundlage neuer Evidenz und des damaligen GOLD-Dokuments unter Berücksichtigung regionaler Besonderheiten.	Die Diagnose erfordert den Nachweis einer persistierenden Atemwegsobstruktion und eine klinische Einordnung von Symptomen, Exazerbationen und Komorbiditäten. Nicht medikamentöse Maßnahmen, insbesondere Tabakentwöhnung, Training und Rehabilitation, sind zentrale Bestandteile; die Pharmakotherapie wird am individuellen Beschwerde- und Exazerbationsprofil ausgerichtet.

6. Impressum

Trotz gewissenhafter Recherche bei der Erstellung und regelmäßiger Revision kann es zu Abweichungen, Widerlegungen und sonstigen Änderungen der hier veröffentlichten Informationen kommen, für die CEGLA Medizintechnik GmbH keine Haftung übernimmt.

Weiterhin möchten wir darauf hinweisen, dass diese Studien nicht als alleinige Entscheidungsbasis verwendet werden sollten.

Copyright by CEGLA Medizintechnik GmbH. Alle Rechte vorbehalten, Nachdruck und Vervielfältigung nur mit Genehmigung des Herausgebers.

Eigentümerin der Trade Marks und der registrierten Trade Marks ist das Unternehmen CEGLA Medizintechnik GmbH.

Technische und optische Änderungen sowie Druckfehler vorbehalten.

CEGLA Medizintechnik GmbH

Horresser Berg 1

D-56410 Montabaur

Tel. +49 (0) 2602 9213-0

E-Mail info@ceгла.de

www.ceгла.de