

Einfluss von inspiratorischem Atemmuskeltraining auf die Lungenfunktion, die Atemmuskelkraft und die Mobilität von Kindern mit Zerebralparese.

Gemessen an FVC, FEV1, PEF, MEP, MIP und 6MWT

AutorIn 1 (Bärtschi, Noé)

Matrikelnummer: XXXXXXXXXX

AutorIn 2 (Frey, Alina)

Matrikelnummer: XXXXXXXXXX

Departement: Gesundheit

Institut für Physiotherapie

Studienjahr: PT 2020, Klasse F

Eingereicht am: 22.04.2023

Begleitende Lehrperson: Thomas Riegler

**Bachelorarbeit
Physiotherapie**

Inhaltsverzeichnis

Anmerkung	4
Abstract (Deutsch)	5
Abstract (English)	6
1. Einleitung	7
1.1. Problemdarstellung und Abgrenzung.....	8
1.2. Begründung der Themenwahl.....	9
1.3. Zielsetzung	9
1.4. Fragestellung	9
2. Theoretischer Hintergrund	11
2.1. Infantile Zerebralparese	11
2.1.1. Definition	11
2.1.2. Ursachen.....	11
2.1.3. Klassifikation	13
2.1.4. GMFCS	15
2.1.5. Therapie.....	17
2.1.6. Das respiratorische System	18
2.2. Atemphysiotherapie	22
2.2.1. Inspiratorisches Atemmuskeltraining.....	22
2.2.2. Atemtherapiegeräte.....	23
2.3. Messung der Lungenfunktion und Mobilität	26
2.3.1. Lungenfunktionsprüfung.....	26
2.3.2. Funktionswerte der Lungenfunktionsprüfung	27
2.3.3. 6-Minuten-Gehtest	29
3. Methodik	30
3.1. Literaturrecherche.....	30

3.2. Keywords	30
3.3. Ein- und Ausschlusskriterien.....	31
3.4. Selektionsprozess.....	32
3.5. Mögliche Hauptstudien	33
3.6. Beurteilung der Studien	34
4. Resultate	35
4.1. Studie von Anand und Karthikbabu (2021)	35
4.1.1. Zusammenfassung.....	35
4.1.2. Würdigung.....	38
4.2. Studie von Kepenek-Varol et al. (2021)	40
4.2.1. Zusammenfassung.....	40
4.2.2. Würdigung.....	43
4.3. Studie von Keles et al. (2018).....	45
4.3.1. Zusammenfassung.....	45
4.3.2. Würdigung.....	48
4.4. Übersicht der Studien in Tabellenform.....	49
5. Diskussion	61
5.1. Vergleich der Studien.....	62
5.1.1. Methodik	62
5.1.2. Interventionen	64
5.1.3. Studienteilnehmende	66
5.1.4. Studienresultate	67
5.2. Limitationen dieser Arbeit	71
6. Theorie-Praxis Transfer	72
7. Schlussfolgerung	73
7.1. Bezug zur Fragestellung.....	73

7.2. Weiterführende Forschung	73
Literaturverzeichnis	75
Zusatzverzeichnisse.....	91
Abbildungsverzeichnis	91
Tabellenverzeichnis	92
Abkürzungsverzeichnis	94
Danksagung	95
Wortanzahl	96
Eigenständigkeitserklärung.....	97
Anhang	98
I. Glossar.....	98
II. Dokumentation der Literaturrecherche.....	106
III. PEDro-Skala der Studie von Anand und Karthikbabu (2021).....	112
IV. PEDro-Skala der Studie von Kepenek-Varol et al. (2021).....	114
V. PEDro-Skala der Studie von Keles et al. (2018)	116

Anmerkung

Fachspezifische Begriffe, welche für das Verständnis des Textes wichtig sind, werden bei der Ersterwähnung im Text kursiv geschrieben und sind im Glossar (siehe Anhang I) aufgeführt. Bei der Erstnennung von längeren Begriffen wird die entsprechende Abkürzung in einer Klammer geschrieben. Jede weitere Nennung erfolgt in abgekürzter Version. Im Abkürzungsverzeichnis befinden sich alle Abkürzungen mit deren Bedeutungen.

Abstract (Deutsch)

Darstellung der Thematik

Kinder mit Zerebralparese (CP) weisen eine verringerte Atemmuskulaturkraft auf, was das Auftreten von Lungenerkrankungen begünstigt. *Inspiratorisches* Atemmuskulaturtraining (IMT) mit dem «Threshold IMT» stärkt die Atemmuskulatur. Deren Anwendung bei CP ist in wenigen Studien bereits diskutiert worden.

Ziel

Durch eine systematische Literaturrecherche sollte der aktuelle Wissensstand zu IMT mit dem «Threshold IMT», bezogen auf die Lungenfunktion, die Atemmuskulaturkraft, sowie die Mobilität bei Kindern mit CP, untersucht werden.

Methode

In den Datenbanken CINAHL, Cochrane, PubMed, Web of Science und Medline via Ovid wurde eine Literaturrecherche durchgeführt. Daraus ergaben sich drei Studien, welche zusammengefasst und anhand der Physiotherapy-Evidence-Database-Skala (PEDro) beurteilt wurden.

Relevante Ergebnisse

Bei dem forcierten *expiratorischen* Volumen/Sekunde (FEV1) und der forcierten expiratorischen Vitalkapazität (FVC) konnte in keiner der drei Studien eine Verbesserung durch IMT beobachtet werden. Der maximale expiratorische Fluss (PEF) wurde in drei Studien positiv beeinflusst. Zwei Studien fanden eine Verbesserung der maximalen Inspirationskraft (MIP), sowie der maximalen Expirationskraft (MEP). Der 6-Minuten-Gehtest (6MWT) wurde bei zwei Studien verbessert.

Schlussfolgerung

Die Anwendung von IMT bei Kindern mit CP kann die Atemmuskulaturkraft (MIP, MEP), die Mobilität (6MWT) und einen Parameter der Lungenfunktion (PEF) positiv beeinflussen.

Keywords

cerebral palsy, respiratory therapy, inspiratory muscle training, lung function, mobility

Abstract (English)

Background

Children with cerebral palsy (CP) have reduced respiratory muscle strength, which promotes lung diseases. Inspiratory muscle training (IMT) with «threshold IMT» strengthens respiratory muscles. Its use in CP has already been discussed in a few studies.

Purpose

The aim was to investigate the current knowledge on IMT with «threshold IMT» regarding lung function, respiratory muscle strength, and mobility in children with CP through a systematic literature review.

Methods

A literature search was conducted in CINAHL, Cochrane, PubMed, Web of Science, and Medline via Ovid databases. Three studies were found, summarized and assessed using the Physiotherapy-Evidence-Database-Scale (PEDro).

Results

Forced expiratory volume/second (FEV1) and forced expiratory vital capacity (FVC) were not improved by IMT in any of the three studies. Maximal expiratory flow (PEF) was positively affected in three studies. Two studies found improvement in maximum inspiratory pressure (MIP) and in maximum expiratory pressure (MEP). The 6-minute walk test (6MWT) was improved in two studies.

Conclusion

The use of IMT in children with CP can positively affect respiratory muscle strength (MIP, MEP), mobility (6MWT), and one parameter of pulmonary function (PEF).

Keywords

cerebral palsy, respiratory therapy, inspiratory muscle training, lung function, mobility

1. Einleitung

Die infantile Zerebralparese (ICP) ist die teuerste und häufigste chronische Bewegungsstörung, welche im Kindesalter entsteht. In den Industrieländern beträgt die Prävalenz der ICP 2-3 auf 1000 Lebendgeborene (Döderlein, 2015, S. 45). Diese Zahl ist in den letzten Jahren, trotz der verbesserten Versorgung und damit der verbesserten Überlebensrate Frühgeborener, konstant geblieben (Oskoui et al., 2013).

Kinder mit CP weisen neben motorischen Behinderungen auch Einschränkungen in der Atemfunktion auf (Kwon & Lee, 2014). Gründe hierfür sind eine reduzierte Muskelkraft und eine eingeschränkte Brustkorbbeweglichkeit (Boel et al., 2019). Dabei ist der wichtigste inspiratorische Atemmuskel, das *Diaphragma abdominale*, geschwächt oder sogar gelähmt (Bennett et al., 2021). Der Zustand des respiratorischen Systems hängt jedoch auch mit der Mobilität der Kinder zusammen. So konnte Kwon und Lee (2014) einen Zusammenhang zwischen dem Level des «Gross Motor Classification System» (GMFCS) (siehe Kapitel 2.1.4) und der Lungenfunktion, sowie der Atemmuskelkraft feststellen. Dabei wiesen Kinder mit einem höheren GMFCS-Level einen schlechteren pulmonalen Zustand auf als weniger eingeschränkte Kinder.

Bei den stark betroffenen Kindern sind Lungenerkrankungen die häufigsten Ursachen für *Mortalität*, *Morbidität* und eingeschränkte Lebensqualität (Marpole et al., 2020). Zudem sind Erkrankungen des respiratorischen Systems der häufigste Grund für Spitäleinweisungen bei Kindern und Jugendlichen mit CP (Blackmore et al., 2019). Effektive Behandlungsansätze zur Verbesserung der Lungenfunktion sind daher von grosser Wichtigkeit (Bennett et al., 2021).

In einem systematischen Review von El Banna et al. (2020) wurden verschiedene physiotherapeutische Behandlungsmöglichkeiten zur Verbesserung der Lungenfunktion bei Kindern mit CP untersucht. Zu den erwähnten Behandlungsmöglichkeiten gehörten IMT, inspiratorische Atemtherapie mit dem «Incentive Spirometer», allgemeine Atemübungen und Trainingsprogramme im Wasser oder mit Widerstandsbändern. Die verschiedenen Therapiemethoden hatten einen positiven Einfluss auf die Lungenfunktion. In dieser Arbeit wird der Fokus auf das IMT bei Kindern mit CP gelegt.

1.1. Problemdarstellung und Abgrenzung

Es gibt mehrere Studien, welche den Einfluss von inspiratorischer Atemtherapie auf Parameter der Lungenfunktion bei Kindern mit CP untersuchen. Dabei nutzen die meisten Studien zur Therapie den «Incentive Spirometer» oder den «Threshold IMT». Einige Studien konnten eine Verbesserung der Lungenfunktion durch inspiratorische Atemtherapie erzielen. So erlangten Atia und Tharwat (2021) und Choi et al. (2016) durch Training mit dem «Incentive Spirometer» Verbesserungen in mehreren Parametern der Lungenfunktion.

Die Autorinnen interessierten sich zusätzlich, ob die verbesserte Lungenfunktion mit einer erhöhten Leistungsfähigkeit und somit einer erhöhten Mobilität einhergeht. Jedoch gibt es keine Studien mit dem «Incentive Spirometer», lediglich solche mit dem «Threshold IMT», welche den Einfluss von inspiratorischer Atemtherapie auf Parameter der Lungenfunktion und der Mobilität untersuchen. Aus diesem Grund wurde als Instrument für die Atemtherapie der «Threshold IMT» ausgewählt. Da der «Threshold IMT» vor allem der Kraftsteigerung der Inspirationsmuskeln dient (Göhl et al., 2016), wurde die Art der angewendeten Atemtherapie auf IMT spezifiziert.

Bei den untersuchten Parametern wurden die in der Literatur am häufigsten verwendeten Parameter der Lungenfunktion, Atemmuskelkraft und Mobilität integriert. Parameter der Atemmuskelkraft wurden einbezogen, um den Effekt der Therapie auf das Diaphragma abdominale und somit einen entscheidenden Faktor der verringerten Lungenfunktion bei Kindern mit CP zu untersuchen.

Der 6MWT wurde als Parameter der Mobilität gewählt, da er nach Leunkeu et al. (2012) bei Kindern mit CP die kardiorespiratorische Antwort auf Belastung reproduzierbar und valide untersucht. Ausserdem zeigt er bereits nach einer kurzen Zeitdauer eine Veränderung auf. Somit wird er oft gebraucht, um die Leistungsfähigkeit bei von CP-Betroffenen zu bewerten. Zudem ist der 6MWT einfacher durchführbar für Kinder mit CP als eine Veloergometrie oder ein Laufbandtest (Leunkeu et al., 2012). Der 6MWT kann jedoch nicht von allen CP-Betroffenen durchgeführt werden, da nicht alle die dafür nötige Mobilität aufweisen. Aufgrund dessen fokussieren sich die Autorinnen in dieser Arbeit nur auf die

GMFCS-Level I bis III, da ab Level IV auch für kurze Strecken ein Aktivrollstuhl benötigt wird und der 6MWT somit nicht durchführbar ist.

1.2. Begründung der Themenwahl

Das Themenfeld der neurologischen Erkrankungen interessierte beide Autorinnen bereits im Vorfeld. Den Anstoss, über das Krankheitsbild der CP zu schreiben, erhielten die Autorinnen nach dem Einlesen in die Thematik. Dabei zeigte sich, wie facettenreich und interessant diese Krankheit ist. Dadurch, dass das Krankheitsbild relativ häufig vorkommt, erhält die Thematik eine therapeutische Relevanz. Dass sich die Prävalenz in den letzten Jahren nicht verändert hat, zeigt, dass das Krankheitsbild auch in Zukunft äusserst relevant sein wird. Umso wichtiger ist es, dass man sich mit den verschiedenen Therapiemassnahmen und deren Effektivität beschäftigt. Zudem ist eine Kernkompetenz der Physiotherapie das Atemmuskeltraining. Nach einer gründlichen Literaturrecherche wurde ersichtlich, dass über die Behandlungsmöglichkeit der Atemtherapie noch keine Übersichtsarbeit des aktuellen Wissensstands verfasst wurde. Aus diesem Grund entschieden sich die Autorinnen, eine systematische Literaturanalyse zu diesem Thema zu schreiben.

1.3. Zielsetzung

Das Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, anhand einer systematischen Literaturanalyse den aktuellen Wissensstand zur inspiratorischen Atemtherapie mit dem «Threshold IMT», bei Kindern mit CP zu untersuchen. Dabei wird der Fokus auf den Effekt dieser Therapiemethode auf Parameter der Lungenfunktion, der Atemmuskelkraft und der Mobilität gelegt, gemessen an FVC, FEV₁, PEF, MEP, MIP und 6MWT.

Es sollte eine Empfehlung an die Praxis abgegeben werden können, ob die Integration einer inspiratorischen Atemtherapie mit dem «Threshold IMT» in der Therapie von Kindern mit CP einen Nutzen bringen kann.

1.4. Fragestellung

Welchen Einfluss hat inspiratorisches Atemmuskeltraining mit dem «Threshold IMT» bei Kindern mit Zerebralparese auf Parameter der Lungenfunktion, der

Atemmuskelfkraft und der Mobilität, gemessen an FVC, FEV1, PEF, MEP, MIP und 6MWT?

2. Theoretischer Hintergrund

2.1. Infantile Zerebralparese

2.1.1. Definition

Die ICP ist ein Überbegriff für eine Mehrfachbehinderung. Sie kann Körperform und -funktion, Aktivitäten sowie soziale Teilnahme beeinträchtigen (Döderlein, 2015, S. 40). Nach Maurer Ute (2002) beschrieb die American Academy for Cerebral Palsy 1957 erstmals eine Definition für das Krankheitsbild, welche im Jahr 1966 von der Spastic Society wie folgt angepasst wurde: «Die infantile Zerebralparese ist eine bleibende, aber nicht unveränderbare Haltungs- und Bewegungsstörung in Folge einer *prä-, peri- oder postnatal* entstandenen *zerebralen* Funktionsstörung, die entstanden ist, bevor das Gehirn seine Reifung und Entwicklung abgeschlossen hat» (Maurer Ute, 2002, S.14). Die Reife des Gehirns wird meistens mit dem Beginn des ersten bis maximal des zweiten Lebensjahres erreicht (Maurer Ute, 2002).

In einer von der Surveillance of Cerebral Palsy in Europe (SCPE) empfohlenen Definition werden folgende fünf Merkmale der CP hervorgehoben:

- Die CP ist eine Gruppe von Störungen, ein «umbrella term».
- Sie ist bleibend, aber nicht unveränderbar.
- Sie ist eine Störung von Bewegung und/oder Haltung, sowie motorischer Funktion.
- Sie wird durch eine nicht progrediente Störung/Läsion/Abnormität ausgelöst.
- Diese Störung/Läsion/Abnormität entsteht im unreifen, sich entwickelnden Gehirn (Surveillance of Cerebral Palsy in Europe, 2000).

Bax et al. (2005) erwähnen in ihrer Definition zudem, dass bei Kindern mit CP die motorischen Probleme häufig durch weitere Störungen von Sensorik, Auffassung, Kommunikation, Perzeption, Verhalten, sowie von Epilepsie begleitet werden

2.1.2. Ursachen

Nach Maurer Ute (2002) wird die ICP immer durch eine Schädigung des ersten motorischen Neurons ausgelöst. Das erste *Motoneuron* leitet Informationen über auszuführende Bewegungen von motorischen Zentren im Gehirn zu den

Vorderhörner des Rückenmarks, wo sie auf die zweiten Motoneurone umgeschaltet werden, welche die Kontraktion des jeweiligen Skelettmuskels auslösen (Huch & Jürgens, 2019, S. 158).

In den meisten Fällen (85%) betrifft die Schädigung die *Pyramidenbahn*, aber auch *extrapyramidale Bahnen* oder *Kleinhirnbahnen* können beeinträchtigt werden (Maurer Ute, 2002). Da bei einer Schädigung des ersten Motoneurons der Einfluss der Pyramidenbahn auf die zweiten Motoneurone entfällt, ist eine bewusste und kontrollierte Steuerung der Skelettmuskulatur durch das Gehirn verhindert (Schünke et al., 2018, S. 92).

Bei der ICP werden auch die *kortikalen Anteile* primär oder sekundär beschädigt. Bei betroffenen Kindern ist die *graue Substanz (Hirnrinde)* verschmälert und die *weisse Substanz (Hirnbahnen)* geschädigt (Maurer Ute, 2002).

Die Ätiologien der ICP sind je nach Zeitpunkt der Schädigung sehr unterschiedlich (Döderlein, 2015, S. 40-41). Die verschiedenen prä-, peri- und postnatalen Ätiologien sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Ätiologien der infantilen Zerebralparese (mit freundlicher Genehmigung von Döderlein, 2015, S. 42).

Pränatale Ursachen	Perinatale Ursachen	Postnatale Ursachen
Chromosomen-aberrationen	Verzögerte/komplizierte Entbindung, Infektionen	Blutungen (intrazerebral, intrakraniell)
Angeborene Hirnfehlbildung	Durchblutungsstörungen (Nabelschnurumschlingung)	Infektionen (Enzephalitis, Meningitis)
Infektionen (bakteriell, viral)	Gefäßrupturen, Hämorrhagien, Periventrikuläre Leukomalazie	Traumata (Beinahrertrinken)
Gefäßverschlüsse (Plazenta)	Mechanische Hirnschädigungen	Durchblutungsstörungen (Embolien)
Traumata und Blutungen	Mekoniumaspiration	Zerebrale Blutungen

Kernikterus	Hyperbilirubinämie	Endokrine Störungen (Hypothyreose)
Alkohol, Nikotinmissbrauch der Mutter, teratogene Substanzen	Hypoglykämie	Hypoglykämie
Epilepsie und mentale Retardierung der Mutter	Vitamin-K-Mangel	Metabolisch-toxische Schädigungen
Intraventrikuläre Blutungen	Steroide	Thrombophilie
Intrauterine Infektionen (Toxoplasmose, Röteln, Zytomegalievirus, Lues, Humanes Immundefizienz-Virus)	Thrombophilie	Herzstillstand, Beinaheerstickung
Jodmangel		Kombinationen

Die verschiedenen schädigenden Einflüsse führen nicht nur zu dem Befallmuster entsprechenden Ausfallerscheinungen, sondern können auch das unreife Gehirn in dessen Entwicklung beeinträchtigen (Benson et al., 2010, S. 233). Hierbei sind die Auswirkungen der Schädigungsmechanismen auf das sich entwickelnde Gehirn abhängig vom Stadium der Hirnentwicklung zum Zeitpunkt der Schädigung (Döderlein, 2015, S. 43). In der Embryonal- und frühen Fetalperiode führen Störungen zu schwerwiegenden Hirnfehlbildungen. Schädigungen bis zur 36. Schwangerschaftswoche haben eher *periventrikuläre* Läsionen zur Folge. Später auftretende Schädigungen im Endstrombereich der grossen Arterien verursachen Defekte im *Marklager*, der Hirnrinde, sowie in den *Basalganglien* (Döderlein, 2015, S. 43).

2.1.3. Klassifikation

Die europäische Expertengruppe der SCPE hat im Jahr 2000, anhand von Daten aus acht verschiedenen europäischen Ländern, eine der geografischen Verteilung der CP angepasste Klassifikation erstellt. Sie unterscheiden bei den Kategorien der

motorischen Störung in spastische, dyskinetische, ataktische, sowie nicht klassifizierbare Subtypen. Bei den betroffenen Extremitäten werden lediglich unilaterale oder bilaterale Paresen differenziert (Surveillance of Cerebral Palsy in Europe, 2000). Somit sehen sie von den bisher gebräuchlichen Bezeichnungen wie Hemiparese, Diparese, Tetraparese, bilaterale Hemiparese usw. ab und simplifizieren dadurch die Beschreibung des Lähmungstypus deutlich (Döderlein, 2015, S. 48). Des Weiteren untersuchte die Expertengruppe die Prävalenz der verschiedenen Subtypen in den Jahren 1980-1990 (Surveillance of Cerebral Palsy in Europe, 2002).

Die **spastische Zerebralparese** ist bei 85.7% der betroffenen Kinder vorzufinden und charakterisiert sich durch einen erhöhten Muskeltonus, pathologische Reflexe, sowie abnormale Haltungs- und Bewegungsmuster (Surveillance of Cerebral Palsy in Europe, 2000, 2002). Die Intensität der Spastik ist wechselnd und besonders bei Beginn einer gewollten Bewegung ausgeprägt. Je rascher die Bewegung initiiert wird, desto mehr verkrampfen sich die Muskeln. Auch plötzlich auftretende Reize, Geräusche, psychische Reize, sowie Furcht und Angst können Spasmen erzeugen. Entsprechend lässt sich der Krampf überwinden, wenn die Bewegung einschleichend und sanft ausgeführt wird (Döderlein, 2015, S. 58). Neben dem gesteigerten aktiven Muskeltonus haben spastische Patient/-innen auch einen erhöhten muskulären Grund- bzw. Ausgangstonus. Dieser betrifft die einzelnen Körperregionen unterschiedlich, so dass *hypertone* und *hypotone* Regionen oft nebeneinander vorkommen (Döderlein, 2015, S. 58). Hierbei zeigt sich eine muskuläre Hypertonie an den Extremitäten mit einem Streckertonus in den unteren und einem Beugertonus in den oberen Extremitäten. Gleichzeitig äussert sich eine muskuläre Hypotonie im gesamten Rumpfbereich und erschwert so die Aufrichtung (Maurer Ute, 2002).

Wenn Extremitäten beider Körperseiten betroffen sind, spricht man von einer bilateralen spastischen CP (54.9%), sind nur die Extremitäten einer Körperseite betroffen, von einer unilateralen spastischen CP (29.2%) (Surveillance of Cerebral Palsy in Europe, 2000, 2002).

Die **dyskinetische Zerebralparese** zeigt sich bei 6.5% der betroffenen Kinder (Surveillance of Cerebral Palsy in Europe, 2002). Sie äussert sich durch

unkontrollierbare, unwillkürliche, sich wiederholende und zum Teil stereotypische Bewegungen, sowie abnormale Haltungs- und Bewegungsmuster (Surveillance of Cerebral Palsy in Europe, 2000). Bei der dyskinetischen CP tritt ein abnormer Wechsel des Muskeltonus auf (Neuhäuser, 2006, S. 725). Es wird zwischen dystoner und choreo-athetoider Form unterschieden, wobei sich die dystone Form durch *Hypokinese* und Hypertonie und die choreo-athetoide Form durch *Hyperkinese* und Hypotonie auszeichnet (Surveillance of Cerebral Palsy in Europe, 2000). Beide Formen sind generalisiert ausgeprägt und betreffen Beine, Rumpf, Arme, Schultergürtel, sowie insbesondere das Gesicht (Krägeloh-Mann, 2018, S. 197).

Die ataktische Zerebralparese ist bei 4.3% der betroffenen Kinder vorhanden (Surveillance of Cerebral Palsy in Europe, 2002). Sie beschreibt sich durch abnormale Haltungs- und Bewegungsmuster, sowie einen Verlust der Muskelkoordination, was zu unpräzisen, arrhythmischen und überschüssenden Bewegungen führen kann (Surveillance of Cerebral Palsy in Europe, 2000). Zudem kann ein *Intentionstremor* vorhanden sein (Slaich, 2009, S. 28).

Der **nicht klassifizierbaren Zerebralparese** gehören 3.7 % der Kinder mit CP an (Surveillance of Cerebral Palsy in Europe, 2000, 2002).

2.1.4. GMFCS

Das mittlerweile international anerkannte «Gross Motor Function Classification System» (GMFCS) ist von Palisano et al. im Jahr 1997 und von Rosenbaum et al. im Jahr 2008 vorgestellt worden. Es teilt den Schweregrad der Behinderung in fünf Stufen (GMFCS I-V) ein (Döderlein, 2015, S. 48). Dabei differenziert es fünf Altersgruppen (<2 Jahre, 2-4 Jahre, 4-6 Jahre, 6-12 Jahre und 12-18 Jahre) und beachtet somit die ständige Entwicklung der motorischen Funktion bei Kindern. Die Klassifikation fokussiert sich auf selbstinitiierte Bewegungen, besonders der Mobilität und Sitzfähigkeit. Hauptfaktoren zur Unterscheidung zwischen den einzelnen Stufen sind funktionelle Limitationen, Gebrauch von Gehhilfen, Gebrauch einer Gehilfe mit Rädern und Bewegungsqualität (siehe Tabelle 2) (Palisano et al., 1997; Rosenbaum et al., 2008).

Tabelle 2: Einteilung GMFCS nach Palisano et al. (1997) (Döderlein, 2015, S. 48-49) (eigene Darstellung)

Stufe	Beschreibung
I	Das freie Gehen ist ohne Hilfe uneingeschränkt möglich. Absätze und Treppenstufen können ohne Handlauf benutzt werden. Rennen und Springen sind mit leichten Koordinations- und Gleichgewichtsproblemen möglich. Körperliche Aktivitäten und Sport sind mit leichten Einschränkungen verbunden.
II	Das freie Gehen ist bis auf lange, steile und unebene Strecken möglich. Aus Sicherheitsgründen können in gewissen Situationen (schlechtes Wetter, Menschenansammlungen etc.) Gehhilfen verwendet werden. Treppen können nur mit Handlauf benutzt werden. Rennen und Springen sind nur sehr eingeschränkt möglich. Körperliche Aktivitäten und Sport sind mit starken Einschränkungen verbunden.
III	Das Gehen ist für kurze Distanzen nur mit Gehhilfe möglich (Rollator, Controlwalker). Mittlere und längere Strecken können nur mit einem Rolli, ggf. mit Hilfsantrieb, bewältigt werden. Der Sitz-Stand-Übergang ist nur mit einer Hilfestellung in Form einer Hilfsperson oder einer Griffmöglichkeit möglich. Treppen können nur mit einer Hilfsperson und mit Handlauf bestiegen werden. Körperliche Aktivitäten und Sport sind nur mit erheblichen Modifikationen ausführbar.
IV	Das Gehen ist stark eingeschränkt und an ein Hilfsmittel oder eine Hilfsperson gebunden. Für kurze Strecken ist ein Aktivrollstuhl, für lange Strecken ist ein Rollstuhl mit Elektroantrieb erforderlich. Auf Grund unzureichender Haltefunktion sind beim Sitzen Becken- und Rumpfunterstützung nötig. Transfers können nur mit einer oder zwei Hilfsperson/-en durchgeführt werden. Transferstehen und -gehen sind möglich. Körperliche Aktivitäten und Sport sind nur mit erheblichen Modifikationen und Hilfspersonen ausführbar.
V	Es ist keine willkürliche Arm- oder Beinmotorik vorhanden und die Betroffenen verfügen über keine aktive Kopf- oder Rumpfkontrolle. Der passive Transport wird nur im Rollstuhl durchgeführt. Es werden Steh- und

Sitzhilfen mit Kopfstütze benötigt. Für den Transfer ist maximale Unterstützung durch eine bis zwei Hilfspersonen notwendig. Ein Elektrorollstuhl ist speziell auf die noch vorhandene Motorik angepasst. Aktive Teilnahme an der Gesellschaft oder an Sport ist – wenn überhaupt – nur mit umfangreicher reha-technischer Hilfe durchführbar.

2.1.5. Therapie

Generell kann gesagt werden, dass je früher ein Kind mit CP mit der Therapie beginnt, desto höher sind die Chancen, dass das Kind seine Einschränkungen bewältigt oder neue Wege findet, schwierige Tätigkeiten auszuführen (Slaich, 2009, S. 39). Die Therapie der CP ist ein facettenreiches und interdisziplinäres Thema. Es werden verschiedene Fachbereiche wie Orthopädie, Ergotherapie, Logopädie, Physiotherapie und Heilpädagogik einbezogen (Krägeloh-Mann, 2018, S. 198; Slaich, 2009, S. 37-39). Orthopädische Massnahmen enthalten Hilfsmittel, wie Schienen, Korsette und Gipsverbände, zur Verhinderung von Kontrakturen und Deformitäten, sowie Operationen (Neuhäuser, 2006, S. 727). In der Ergotherapie werden feinmotorische Fähigkeiten erarbeitet, Hilfsmittel bereitgestellt und auf den/die Patient/-in angepasst, sowie alltägliche Funktionen erlernt. So sorgen Ergotherapeut/-innen dafür, dass die Betroffenen möglichst effektiv und unabhängig ihren Alltag bestreiten können (Slaich, 2009, S. 44-45). Die Logopädie wird zur Unterstützung der Sprachentwicklung und Verbesserung der Mundmotorik eingesetzt (Krägeloh-Mann, 2018, S. 198). Durch heilpädagogische Massnahmen werden verschiedene Sinneskanäle stimuliert, kognitive Funktionen angeregt und emotionale Reaktionen, sowie soziale Interaktionen assistiert (Neuhäuser, 2006, S. 727).

Das Ziel der Physiotherapie ist es, eine durch Nichtgebrauch erfolgte Schwächung der Muskeln zu verhindern, Kontrakturen vorzubeugen, sowie die motorische Entwicklung zu verbessern (Slaich, 2009, S.40). Mit neurophysiologischen Behandlungstechniken sollte die gestörte Wahrnehmungs- und Bewegungsebene beeinflusst werden. Es wird versucht, pathologische Muster zu hemmen, normale Muster anzubahnen und diese in das Bewegungsrepertoire zu integrieren (Döderlein, 2015, S. 169). Dabei werden meist die Methoden von Bobath oder von Vojta genutzt (Neuhäuser, 2006, S. 726). Mit klassischen krankengymnastischen Techniken wird

der Erhalt und die Verbesserung der Gelenkbeweglichkeit, der Muskeldehnung, sowie der Muskelkraft beabsichtigt. Auch physiologische Bewegungsabläufe werden gefördert, um eine Verbesserung der Haltung, Aufrichtung und Fortbewegung zu erzielen (Döderlein, 2015, S. 169).

2.1.6. Das respiratorische System

Kinder mit CP haben eine höhere Wahrscheinlichkeit für Atmungsstörungen, wie beispielsweise wiederkehrende Lungeninfektionen, *Bronchiektasen*, *Atelektasen*, *Schlafapnoe* und *chronisch obstruktive Lungenerkrankungen*, als gesunde Kinder (Atia & Tharwat, 2021). Zudem führen ein schlechter Ernährungsstatus, *Drooling*, *Aspiration*, *Gastroösophagealer Reflux*, sowie eine durch Muskelschwäche- oder Koordinationsstörungen eingeschränkte Atemwegsreinigung zu Infektionen des respiratorischen Systems und somit zu erhöhter Mortalität und Morbidität (Choi et al., 2016).

Die folgenden Abschnitte erklären das respiratorische System von gesunden Personen und präsentieren die verschiedenen Abweichungen, die Kinder mit CP aufweisen können.

Atemmechanik bei gesunden Personen:

Die Lunge selbst verfügt über keine kontraktile Fähigkeiten für den Atmungsvorgang, weshalb sie auf die Atemmuskulatur angewiesen ist (siehe Tabelle 3) (van Gestel & Teschler, 2014, S. 16).

Tabelle 3: Übersicht der Atemmuskulatur (Rutte & Sturm, 2018, S. 7-8) (eigene Darstellung)

Inspiratorische Atemmuskeln	Inspiratorische Atemhilfsmuskeln	Expiratorische Atemhilfsmuskeln
<ul style="list-style-type: none"> - Diaphragma abdominale - Musculi (Mm.) Scalenii - Mm. intercostales 	<ul style="list-style-type: none"> - Mm. intercostales externi - Mm. intercostales interni, pars intercartilaginei - Musculus (M.) pectoralis major - M. sternocleidomastoideus 	<ul style="list-style-type: none"> - Mm. intercostales interni - M. rectus abdominis - Mm. obliqui externus et internus abdominis - M. transversus abdominis

Die Inspiration ist in Ruhe ein aktiver Prozess und wird durch die primären inspiratorischen Atemmuskeln ausgeführt (siehe Abbildung 1) (van Gestel & Teschler, 2014, S. 58). Das Diaphragma abdominale stellt dabei den wichtigsten Inspirationsmuskel dar (Rutte & Sturm, 2018, S. 6). Zusammen mit den Rumpf- und *Abdominalmuskeln* kontrolliert es die Atmung und Haltung (Bennett et al., 2021). Die Innervation des Diaphragmas abdominale wird vom Nervus *Phrenicus* sichergestellt, welcher aus dem Plexus cervicalis (C3-5) entspringt (Schünke et al., 2018, S. 83). Bei der Inspiration kommt es zu einer Kontraktion des Diaphragmas abdominale und dessen Absinken im Brustkorb. Anschliessend werden die Rippen, durch die Zusammenarbeit der *Interkostalmuskulatur* und des Diaphragmas abdominale, angehoben. Der Brustkorb wird vergrössert und es kommt zu einer *Wirbelsäulenextension* (Rutte & Sturm, 2018, S.4, S. 6).

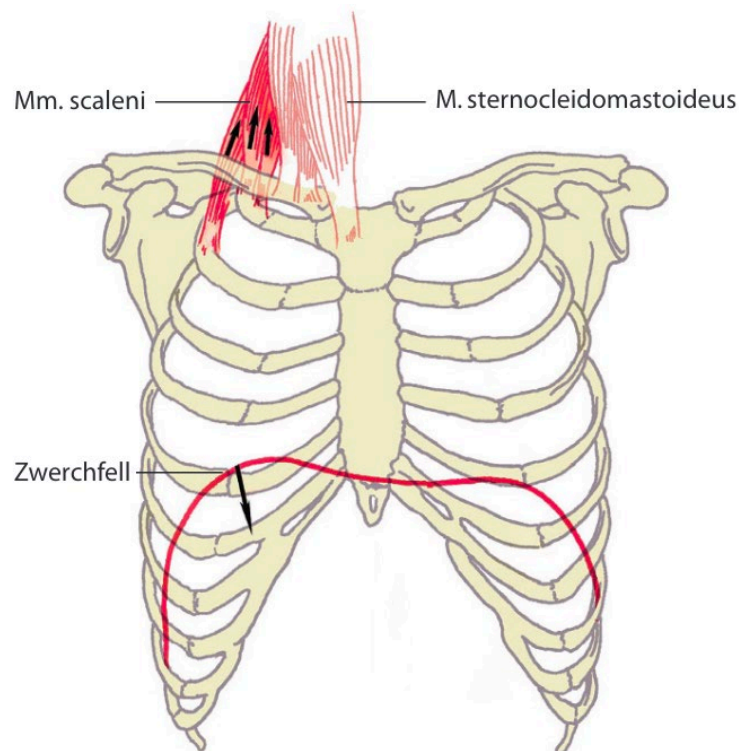


Abbildung 1: Inspiratorische Atemmuskulatur von ventral (mit freundlicher Genehmigung von Rutte & Sturm, 2018, S. 7)

Die sekundären Inspirationsmuskeln, oder auch Atemhilfsmuskeln genannt (siehe Tabelle 3), kommen bei erhöhtem Sauerstoffbedarf zum Zug (van Gestel & Teschler, 2014, S. 58-59).

Auch wenn es durch die Retraktionskraft des *Lungenparenchyms*, des *Thorax*, des Abdomens und des Zwerchfells zur Entleerung der Lunge kommt, ist die Expiration nicht ein rein passiver Vorgang. Dies, weil während 80% der Expirationsdauer die inspiratorische Muskulatur *exzentrisch* arbeitet (van Gestel & Teschler, 2014, S. 63).

Die Expiration kann in gewissen Situationen, wie zum Beispiel beim Sprechen, Lachen, Singen, Husten oder bei Belastung, aktiv durch die expiratorische Atemhilfsmuskulatur unterstützt werden (siehe Abbildung 2) (Rutte & Sturm, 2018, S. 7-8).

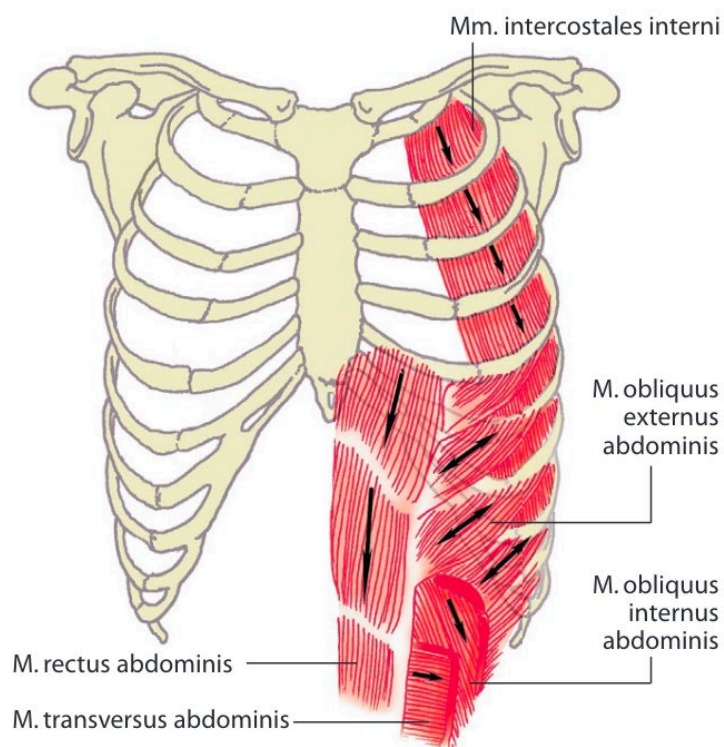


Abbildung 2: Expiratorische Atemhilfsmuskulatur von ventral (mit freundlicher Genehmigung von Rutte & Sturm, 2018, S. 8)

Atemmechanik bei Zerebralparese:

Bei Kindern mit CP ist das Diaphragma abdominale in dessen Bewegung, Stellung und Kontraktion beeinträchtigt. Hauptgrund für die veränderte Bewegung ist die bei den betroffenen Kindern erfolgte Schädigung des zentralen Nervensystems, wie den phrenischen *Motoneuronen*, dem *Motorcortex*, dem *Atemzentrum* und dem Zentrum der *posturalen Kontrolle*. Diese Schädigung kann zu verminderten automatischen Stimulationsimpulsen der Muskelfasern des Diaphragmas abdominale führen und

somit zu einem geschwächten oder paralyzierten Diaphragma abdominale. Zudem liegt das Diaphragma abdominale bei Kindern mit CP aufgrund von schwachen abdominalen Muskeln in einer tieferen Ruheposition. Dies führt zu einer ineffektiven Kontraktion des Diaphragmas abdominale und einer somit insuffizienten Inspiration. Des Weiteren muss das Diaphragma abdominale durch die verminderte Rumpfkontrolle der betroffenen Kinder stärker arbeiten, was zu dessen Ermüdung führen kann (Bennett et al., 2019).

Ausserdem beeinflusst die Schwäche der posturalen Muskeln die Stellung der Rippen (Bennett et al., 2019). Dadurch sind diese hypomobil in *laterale* und *anterior-posteriore* Richtung, was die Atemfunktion einschränkt (Bennett et al., 2019; H.-Y. Kwon & Kim, 2018).

Park et al. (2006) beschreibt, dass Kinder mit CP eine verringerte Brustkorbmobilität aufweisen. Zusätzlich haben sie ein tieferes Verhältnis des oberen zum unteren Brustkorbdurchmessers als gesunde Kinder. Dieses veränderte Verhältnis kann entstehen, da die betroffenen Kinder durch ihre schnelle, oberflächliche und unkoordinierte Atmung ihren oberen Brustkorb nicht vollständig vergrössern. Die Fähigkeit, grosse Atemzüge zu nehmen, ist verringert, was schlussendlich zu einer eingeschränkten Brustkorbmobilität führt. Diese kann wiederum die Entwicklung des oberen Brustkorbdurchmessers beeinträchtigen (E. S. Park et al., 2006).

Schwache Atemmuskeln, verringerte Brustkorbmobilität und verringerte Rumpfextension tragen somit zu der verringerten Lungenfunktion bei Kindern mit CP bei (Choi et al., 2016). Y. H. Kwon und Lee (2014) beschreiben in ihrer Studie, dass Kinder mit *diplegischer* spastischer CP im Vergleich mit normal entwickelten Kindern eine verringerte Lungenfunktion in den Parametern FVC, FEV1, PEF und TV aufweisen. Auch die Parameter MIP und MEP sind bei Kindern mit CP vermindert (Rutka et al., 2021).

2.2. Atemphysiotherapie

Die physiotherapeutische Atemtherapie kommt bei *obstruktiven* und *restriktiven* Funktionsstörungen zum Zuge, welche sich mit verschiedenen Symptomen, wie beispielsweise Dyspnoe, Sekret oder Husten zeigen können (Rutte & Sturm, 2018, S. 30).

Die Atemphysiotherapie setzt sich zum Ziel, die Atmung ökonomischer zu gestalten. Zudem sollte es zu einer Automatisierung der verbesserten Atmung kommen (van Gestel & Teschler, 2014, S. 249).

2.2.1. Inspiratorisches Atemmuskeltraining

Inspiratorisches Atemmuskeltraining (auf Englisch: "inspiratory muscle training", IMT) kann bei Patient/-innen mit *ventilatorischer Insuffizienz* zu einer Verbesserung der allgemeinen Leistungsfähigkeit, der Atemmuskelkraft und der Ausdauer führen (van Gestel & Teschler, 2014, S. 328). Zudem wird in einer Studie von Enright et al. (2006) gezeigt, dass IMT auch bei gesunden Personen positive Effekte erzielen kann. So kam es zu einer Steigerung der kontrahierten Zwerchfelldicke, des Lungenvolumens und der körperlichen Leistungsfähigkeit.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die inspiratorischen Atemmuskeln zu trainieren. Grundsätzlich unterscheidet man zwei Therapieformen:

- **Kraftsteigerung der Inspirationsmuskulatur:** Es wird in der Therapie eine Muskelkontraktion während der Inspiration mit erhöhtem Kraftaufwand und wenigen Wiederholungen durchgeführt. Es existieren zwei Therapieformen, welche dies umsetzen: das «threshold load» oder die kontrollierte Stenoseatmung «resistive load» (Göhl et al., 2016).
- **Ausdauertraining der Inspirationsmuskulatur:** Es werden in der Therapie Muskelkontraktionen während der In- und Expiration mit kleinem Kraftaufwand, jedoch vielen Wiederholungen, ausgeführt. Dazu gibt es als Therapiemethode die *normokapnische Hyperpnoe* (Göhl et al., 2016).

In der Tabelle 4 sind die Trainingsparameter eines inspiratorischen Atemtherapieprogramms nach Göhl et al. (2016) aufgelistet.

Tabelle 4: Trainingsparameter eines IMT Aufbauprogramms (mit freundlicher Genehmigung von Göhl et al., 2016, S. 39)

Häufigkeit	5- bis 7-mal pro Woche
Dauer	7-mal 2 Minuten (mit je 1 Minute Pause)
Intensität	Initial ca. 30% Pimax (kontinuierliche Progression wie individuell möglich)
Trainingssteuerung (mod. Borg Skala 0-10)	Atemkraftanstrengung 4-6

2.2.2. Atemtherapiegeräte

Die inspiratorische Atemmuskulatur kann durch einen manuellen Widerstand im Bereich des Abdomens, der Rippen oder des *Sternums* oder durch IMT-Geräte trainiert werden (van Gestel & Teschler, 2014, S. 328).

Im folgenden Abschnitt werden die am häufigsten gebrauchten IMT-Geräte, unterteilt nach den jeweiligen Therapiemethoden, vorgestellt

Threshold Load

Der «Threshold IMT» und der «POWERbreathe Medic» sind Beispiele von Therapiegeräten, welche der Therapiemethode «Threshold Load» zugeordnet werden können (Göhl et al., 2016).

Der «Threshold Inspirations**M**uskel**T**rainer» besteht aus einem Mundstück, einer Nasenklemme und einem Gehäuse mit Federventil und Druckanzeiger (siehe Abbildung 3). Durch dieses Gerät wird die Inspirationsmuskulatur einer gleichmässigen Zusatzbelastung ausgesetzt. Das Federventil erzeugt dabei einen Widerstand bei der Inspiration und bleibt so lange geöffnet, wie der Inspirationsdruck aufgebracht werden kann. Der «Threshold IMT» wirkt dadurch als Kraft- und Ausdauertrainer für die Inspirationsmuskulatur. Der Widerstand kann durch Drehen am Kontrollknopf individuell angepasst werden (Rutte & Sturm, 2018, S. 233), wobei dieser zwischen 9-41 cmH₂O eingestellt werden kann (Anand & Karthikbabu, 2021). Meistens entspricht er 30% der vom Trainierenden aufgebrauchten MIP (van Gestel & Teschler, 2014, S. 328).

In der Studie von Downey et al. (2007) wurde mit gesunden Teilnehmenden ein vierwöchiges Trainingsprogramm mit dem «Threshold IMT» durchgeführt. Das Diaphragma abdominale nahm in seiner kontrahierten Dicke zu. Zudem kam es zu einer Zunahme der inspiratorischen Muskelkraft, jedoch nicht der Ausdauer.



Abbildung 3: Anwendung des Threshold IMT (mit freundlicher Genehmigung von Rutte & Sturm, 2018, S. 233)

Resistive Load

Teil der Atemtherapiemethode «Resistive Load» sind die Atemtherapiegeräte «Respifit S» und «Powerbreathe (K-Serie)» (Göhl et al., 2016). Auch der «YPSI-Atemtrainer» ist Teil dieser Therapiemethode (Rutte & Sturm, 2018, S. 234).

Der «YPSI-Atemtrainer» ist so konzipiert, dass er sowohl für das Training der Inspiration als auch der Expiration verwendet werden kann. Er ist Y-förmig gebaut, wobei in beiden Zweigen ein *Rückschlagventil* eingebaut ist (Rutte & Sturm, 2018, S. 234). Der Ausatmungswiderstand kann individuell, anhand der Stenosenkappen, eingestellt werden. Durch das Rückschlagventil bei der Inspiration und der Stenosenkappen bei der Expiration kann in- und expiratorisch gegen einen Widerstand geatmet werden. Die Stenosenkappen gibt es in vier verschiedenen Schwierigkeitsgraden (siehe Abbildung 4) (*Atemtrainer-Set YPSI*, o. J.).

Das Atemtherapiegerät «Powerbreathe (K-Serie)» ist im Vergleich zum «YPSI-Atemtrainer» so konzipiert, dass sich der Widerstand während des Trainings ständig an die trainierende Person anpasst. Es besitzt also adaptive Stenosen. Dadurch

werden ein grösserer Fluss und ein maximales Trainings-Volumen sichergestellt (*POWERbreathe K5*, o. J.).



Abbildung 4: YSPI Atemtrainer-Set (mit freundlicher Genehmigung von Rutte & Sturm, 2018, S. 234)

Normokapnische Hyperpnoe

Der «SpiroTiger Medical» ist ein Beispiel eines Atemtherapiegeräts, welches der Therapiemethode «normokapnische Hyperpnoe» zugehörig ist. Durch das Gerät wird eine schnelle und tiefe In- und Expiration durchgeführt. Um dabei eine *Hypokapnie* zu verhindern, ist dieses Therapiegerät so gebaut, dass es zu einer partiellen Rückatmung der Atemluft kommt, was die *Normokapnie* sicherstellt (siehe Abbildung 5) (Göhl et al., 2016).



Abbildung 5: Spiro-Tiger Medical (mit freundlicher Genehmigung von van Gestel & Teschler, 2014, S. 329)

2.3. Messung der Lungenfunktion und Mobilität

In diesem Abschnitt werden auf die in der Fragestellung erwähnten Parameter der Lungenfunktion, Atemmuskulatur und Mobilität, sowie deren Messung eingegangen.

2.3.1. Lungenfunktionsprüfung

Eine Lungenfunktionsprüfung beinhaltet verschiedene Messmethoden. Dazu gehören: die Spirometrie, die Bronchospasmolyse-/Provokationstestung, die Bodyplethysmografie, die Diffusionstestung, die Mundverschlussdruckmessung, die Atemwegwiderstandsmessung, die Peak-Flow-Messung, die Blutgasanalyse, die *Pulsoxymetrie* und die Spiroergometrie (Dr. med. D. Bösch & Criée, 2020, S. 2).

Im Folgenden wird näher auf die Spirometrie und die Mundverschlussdruckmessung eingegangen. Unter einer Spirometrie wird «die Messung von Lungenvolumina bzw. *Atemstromstärken* am Mund» verstanden (Bösch & Criée, 2020, S. 16).

Zudem wird zwischen der Erfassung von Volumina und Kapazitäten unterschieden (siehe Tabelle 5), wobei die Volumina die einzelnen gemessenen Mengen bezeichnen und die Kapazitäten zusammengesetzte Mengen darstellen (Quanjer et al., 1993).

Die Spirometriemessung findet wie folgt statt:

Die Volumina und Kapazitäten werden in Prozent der zu erwartenden Sollgrößen angegeben. Die Strömungsverhältnisse in den Atemwegen werden über eine Fluss-Volumen-Messung ermittelt. Hierzu wird nach einer maximalen Einatmung, forciert, rasch und so vollständig wie möglich, ausgeatmet. Das in einer Sekunde ausgeatmete Volumen bestimmt den FEV1-Wert (=forced expiratory volume). Der FEV1-Wert wird in Relation zur normalen Vitalkapazität als FEV1/VK% angegeben. (Rutte & Sturm, 2018, S. 20)

Der FEV1-Wert kann auch in Prozent der FVC angegeben werden: FEV1/FVC% (Piper, 2013, S. 187). Während der Ausatmung wird zudem die Ausatemstromstärke (Flow) gemessen und in Liter/Sekunde angegeben. Bei einer gesunden Person sollte dieser Wert in den ersten 10% der Expiration ein Maximum (Peak-flow, PEF) erreichen und dann gleichmässig abnehmen (Rutte & Sturm, 2018, S. 20).

Die Daten werden dann in Volumen-Zeit- und Fluss-Volumen-Kurven dargestellt (van Gestel & Teschler, 2014, S. 220).

Bei der Mundverschlussdruckmessung wird die maximale Atemmuskelfkraft, sowie die momentane Beanspruchung berechnet. So wird die MIP (auch Pimax) bei forcierter Einatmung, nach einer Expiration auf Residualvolumenniveau, gegen ein geschlossenes Ventil gemessen (Dr. med. D. Bösch & Criée, 2020, S. 152). Die MEP (auch Pemax) wird demnach bei der forcierter Ausatmung, nach einer maximalen Inspiration, gegen ein geschlossenes Ventil gemessen (*Ruppel's Manual of Pulmonary Function Testing - 11th Edition*, o. J., S. 750).

2.3.2. Funktionswerte der Lungenfunktionsprüfung

In der Abbildung 6 sind die einzelnen Volumina und Kapazitäten in einer Grafik veranschaulicht. In der Tabelle 5 sind die häufigsten Funktionswerte einer Lungenfunktionsprüfung aufgelistet und beschrieben. Die Referenzwerte beziehen sich auf einen gesunden jungen Mann.

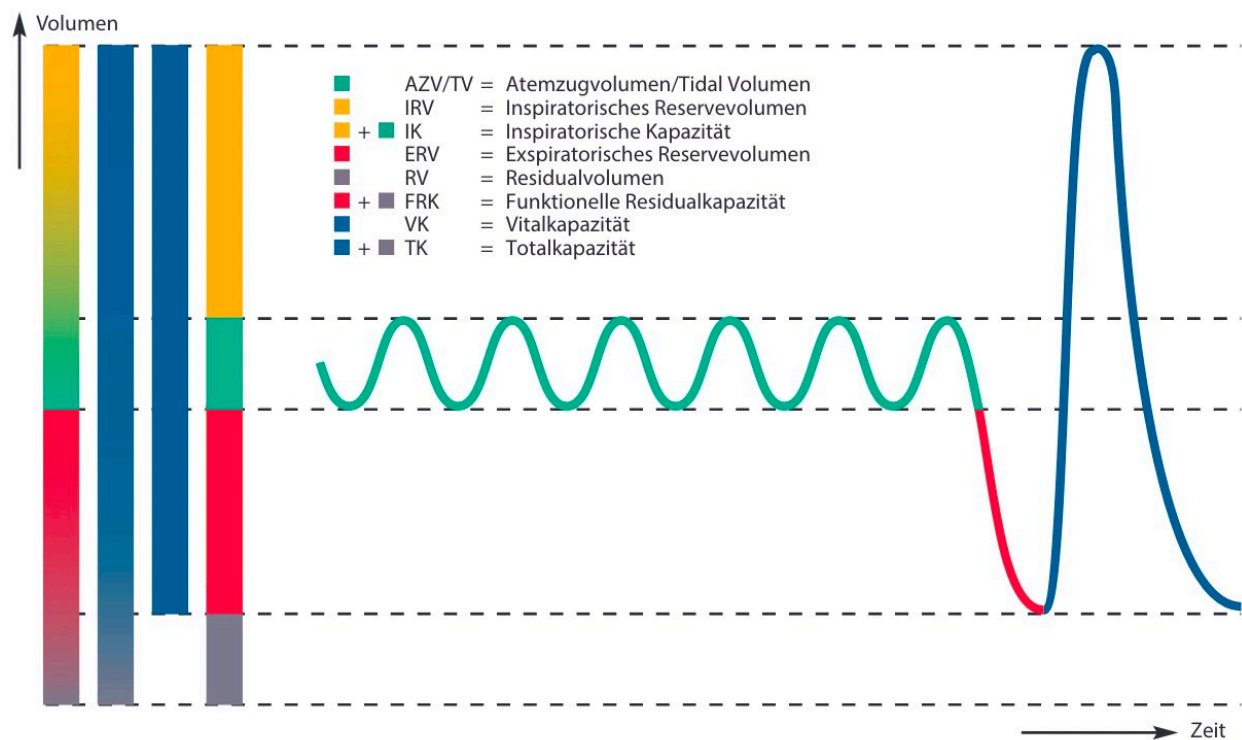


Abbildung 6: Lungenkapazitäten (mit freundlicher Genehmigung von Rutte & Sturm, 2018, S. 19)

Tabelle 5: Übersichtstabelle verschiedener Funktionswerte der Lungenfunktionsprüfung zusammengestellt aus (Rutte & Sturm, 2018, S. 19-20)¹, (Piper, 2013, S. 186-187)² und (Ruppel's Manual of Pulmonary Function Testing - 11th Edition, o. J, S. 168, 750, 755.)³

Bezeichnung	Beschreibung	Referenzwert
Volumina		
Atemzugvolumen (AZV)/Tidalvolumen (TV) ¹	Volumen, das bei normaler In- und Expiration in Ruhe bewegt wird ¹	500 ml ²
Inspiratorisches Reservevolumen (IRV) ¹	Volumen, das nach normaler Einatmung noch maximal eingeatmet werden kann ¹	3000 ml ²
Expiratorisches Reservevolumen (ERV) ¹	Volumen, das nach normaler Ausatmung noch maximal ausgeatmet werden kann ¹	1100 ml ²
Residualvolumen (RV) ¹	Volumen, welches nach der Expiration in der Lunge verbleibt und nicht ausgeatmet werden kann ¹	1200 ml ²
Kapazitäten		
Inspirationskapazität (IK) ¹	Volumen, das aus der Atemruhelage eingeatmet werden kann (IRV + AZV) ¹	3500 ml ²
Funktionelle Residualkapazität (FRC oder FRK) ¹	Volumen, das sich während der Atemruhelage in der Lunge befindet (ERV + RV) ¹	2500 ml ²
Vitalkapazität (VC oder VK) ¹	Volumen, das nach maximaler Inspiration noch ausgeatmet werden kann (AZV + ERV + IRV) ¹	4700 ml ²
Forcierte expiratorische Vitalkapazität (FVC) ²	Volumen, das nach maximaler Inspiration forciert ausgeatmet werden kann ²	4600 ml ²
Inspiratorische Vitalkapazität (IVC) ²	Volumen, das nach vollständiger Expiration eingeatmet werden kann ²	3500 ml ²
Expiratorische Vitalkapazität (EVC) ²	Volumen, das nach vollständiger Inspiration ausgeatmet werden kann ²	3325 ml ²
Totalkapazität (TC oder TK) ¹	Volumen, das sich nach maximaler Inspiration in der Lunge befindet (VC + RV) ¹	5800 ml ²
Weitere Parameter		
Forciertes expiratorisches Volumen/Sekunde (FEV1) ²	Volumen, das nach maximaler Inspiration in einer Sekunde forciert ausgeatmet werden kann ²	4 l/s ²
Maximaler expiratorischer Fluss, peak expiratory flow (PEF) ¹	Maximale Atemstromstärke (Flow) während der Expiration ¹	10l/s bzw. 600l/min ³
Maximale Expirationskraft (MEP, P_{emax}) ³	Forcierte Expiration gegen ein geschlossenes Ventil ³	>100cm H ₂ O ³
Maximale Inspirationskraft (MIP/P_{imax}) ³	Forcierte Inspiration gegen ein geschlossenes Ventil ³	>-75cm H ₂ O ³

2.3.3. 6-Minuten-Gehtest

Abgekürzt wird der 6-Minuten-Gehtest auch als 6MWT oder 6MWD («6min walk test» bzw. «6-min walking distance») bezeichnet (Bösch & Criée, 2020, S. 200). Es ist ein Test zur Erfassung der körperlichen Leistungsfähigkeit (Guyatt et al., 1985). Er wird als Verlaufsparemeter eingesetzt, um den Effekt einer Therapie auf die körperliche Leistungsfähigkeit zu messen (van Gestel & Teschler, 2014, S. 197). Auf einem vordefinierten Korridor (30m) sollte man innerhalb von sechs Minuten die grösstmögliche Strecke zurücklegen (Bösch & Criée, 2020, S. 200). Dabei wird der/die Patient/-in durch den/die Physiotherapeut/-in anhand eines vordefinierten Textes über den Testablauf informiert und während der Testdurchführung motiviert. Das Gangtempo kann dabei selbst bestimmt werden. Gehhilfen sind erlaubt, wenn diese im Alltag gebraucht werden. Zudem sind Stehpausen während des Tests erlaubt, wobei die Zeit nicht gestoppt wird (Holland et al., 2014). Es ist wichtig, dass es dem/der Patient/-in möglich ist, vor der Testdurchführung eine 5-minütige Sitzpause zu machen. Vor und direkt nach der Durchführung wird die subjektive Ateinschränkung auf der modifizierten *Borg-Skala* erhoben. Anhand eines Pulsoxymeters wird der Puls und die Sauerstoffsättigung während der Testdurchführung beobachtet. Die erreichte Gehdistanz wird in Metern notiert (van Gestel & Teschler, 2014, S. 197).

3. Methodik

In diesem Kapitel wird auf die methodische Vorgehensweise der Literaturrecherche eingegangen. Es wird zudem beschrieben, mit welchen Ein- und Ausschlusskriterien die Hauptstudien ausgewählt wurden. Zum Schluss wird das Evaluationsinstrument zur kritischen Würdigung der Studien vorgestellt.

3.1. Literaturrecherche

Diese Arbeit wurde im Rahmen eines systematischen Literaturreviews durchgeführt. Aus diesem Grund war eine genaue Literaturrecherche nötig, welche in den folgenden Datenbanken stattfand: CINAHL, Cochrane, PubMed, Web of Science und Medline via Ovid. Die Autorinnen wählten diese Datenbanken aus, da sie ein breites Spektrum an Studien im Fachbereich des Gesundheitswesens abdecken. Als weitere Datenbank wurde Swiscovery verwendet, um Hintergrundliteratur zum behandelten Thema zu finden. Durch eine grobe Recherche in den einzelnen Datenbanken wurde ersichtlich, inwiefern das Thema eingegrenzt werden konnte. Daraus wurde die Fragestellung mit den entsprechenden Schlüsselbegriffen formuliert.

Anhand der in Tabelle 6 beschriebenen Keywords wurde eine ausführliche Recherche in den oben genannten Datenbanken durchgeführt und dokumentiert. Dabei wurden die Schlagworte mit den Booleschen Operatoren «AND» oder «OR» miteinander verknüpft. Die verschiedenen Treffer wurden anhand der Ein- und Ausschlusskriterien (siehe Tabelle 7) analysiert. Schlussendlich konnten drei passende Hauptstudien ausfindig gemacht werden, welche alle Einschlusskriterien erfüllten. Die detaillierte Dokumentation der Literaturrecherche befindet sich im Anhang (siehe Anhang II).

3.2. Keywords

Für die Suchrecherche wurden für die formulierte Fragestellung passende deutsche Schlüsselbegriffe erarbeitet, welche anschliessend auf Englisch übersetzt wurden. Zudem wurden Synonyme oder ähnliche Begriffe definiert (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Keywords auf Deutsch und Englisch mit den dazugehörigen Synonymen (eigene Darstellung)

	Keywords Deutsch	Keywords Englisch	Synonyme / ähnliche Begriffe
Population	Zerebralparese/ Cerebralparese	cerebral palsy	CP, spastic cerebral palsy, infantile cerebral palsy, spastic quadriplegia, spastic quadriplegic cerebral palsy
Intervention	Atemtherapie	respiratory therapy	inspiratory therapy, respiratory muscle training, inspiratory muscle training, IMT, threshold IMT
Outcome I	Lungenfunktion	lung function	pulmonary function, respiratory function
Outcome II	Mobilität	mobility	function, 6MWD

3.3. Ein- und Ausschlusskriterien

Für den Rechercheprozess wurden passende Ein- und Ausschlusskriterien definiert, welche das Auswahlverfahren der Studien vereinfachen sollte (siehe Tabelle 7). Studien, welche nicht diesen Einschlusskriterien entsprachen, konnten zum Teil für den theoretischen Hintergrund verwendet werden.

Tabelle 7: Ein- und Ausschlusskriterien (eigene Darstellung)

Einschlusskriterium	Ausschlusskriterium
Studie	
Deutsch- oder englischsprachig	
Ab dem Jahr 2018 bis 2022	
Quantitative Studien, Fokus auf Randomised Controlled Trials	Qualitative Studien, Reviews, Metaanalysen u.a.
publizierte Studie	
Population	
Zwischen 2-18 Jahre alt	

Diagnose einer CP mit einem GMFCS-Level zwischen I-III	Andere neurologische Erkrankung oder GMFCS-Level über III (ab GMFCS-Level IV ist die Mobilität zu stark eingeschränkt für die Durchführung des 6MWT, siehe Kapitel 2.1.4)
Intervention	
IMT mit dem «Threshold IMT»	Andere inspiratorische Atemtherapieformen (z.Bsp. mit dem «Incentive Spirometer»)
Outcome	
Folgende Parameter der Lungenfunktion, Atemmuskulatur und Mobilität: FVC, FEV1, PEF, MEP, MIP, 6MWT	Es wurden keine oder nicht alle der folgenden Parameter der Lungenfunktion, Atemmuskulatur und Mobilität berücksichtigt: FVC, FEV1, PEF, MEP, MIP, 6MWT
Die Studien erfüllen die Gütekriterien nach PEDro	

3.4. Selektionsprozess

In den verschiedenen Datenbanken wurden unterschiedliche Kombinationen der Keywords angewendet, um ein breites Spektrum an Studien zu erhalten. Falls die Datenbank zu viele Treffer angab und die Suchrecherche nicht durch weitere Konkretisierung von Keywords eingeschränkt werden konnte, wurden die Studien durch Wahl des Publikationsjahres oder des Ressourcentyps zusätzlich gefiltert.

Die erste Vorauswahl der Studien wurde auf Basis des Titels getroffen. Dieser musste klar angeben, dass es sich bei der Studie um Kinder mit CP handelt und diese ein IMT durchgeführt haben. Durch diese Selektion fiel ein Grossteil der Studien weg. Bei den übriggebliebenen Studien wurde der Abstract auf die gesetzten Ein- und Ausschlusskriterien untersucht. Falls noch Unsicherheiten bezüglich der Erfüllung dieser Kriterien bestand, wurde der Volltext überprüft. Schlussendlich konnten drei Studien gefunden werden, welche alle Ein- und Ausschlusskriterien erfüllten.

Nebst der Suche in den Datenbanken wurden in Reviews, Metaanalysen und geeigneten Studien das Literaturverzeichnis durchsucht. Dabei konnten jedoch keine weiteren Treffer gefunden werden.

In der Tabelle 8 ist eine Übersicht der Suchrecherche dargestellt.

Tabelle 8: Übersicht der Suchrecherche (eigen Darstellung)

Suchmaschine	Treffer	Aussortiert nach Titel	Aussortiert nach Abstract	Aussortiert nach Text	Endgültige Treffer
CINAHL	13	8	1	1	3
Cochrane	77	67	6	1	3
Pubmed	59	55	0	1	3
Web of Science	283	276	3	1	3
Medline via Ovid	10	7	1	0	2

3.5. Mögliche Hauptstudien

In der Tabelle 9 sind die drei ausgewählten Studien, absteigend nach Erscheinungsjahr, dargestellt. Diese drei Studien erfüllen alle erwähnten Ein- und Ausschlusskriterien.

Tabelle 9: Übersicht der drei Hauptstudien (eigene Darstellung)

Nr.	Titel	Autor/-innen	Jahr
I	Effects of additional inspiratory muscle training on mobility capacity and respiratory strength for school-children and adolescents with cerebral palsy: a randomized controlled trial	Anand, B., & Karthikbabu, S.	2021
II	Effects of Inspiratory Muscle and Balance Training in Children with Hemiplegic Cerebral Palsy: A Randomized Controlled Trial	Kepenek-Varol, B., Gürses, H. N., & İçağasioğlu, D. F.	2021
III	Effects of inspiratory muscle training in children with cerebral palsy: a randomized controlled trial	Keles, M. N., Elbasan, B., Apaydin, U., Aribas,	2018

3.6. Beurteilung der Studien

Da es sich bei den drei Hauptstudien um randomisiert kontrollierte Studien (auf Englisch: randomised controlled trials (RCT)) handelt, wurde zur Beurteilung das Evaluationsinstrument PEDro verwendet.

Die PEDro-Skala stützt sich auf die Delphi Liste, welche von Verhagen et al. (1998) entwickelt wurde und die der Qualitätsbewertung von RCT's dient. Die Skala wurde im Jahr 2008 in die deutsche Sprache übersetzt. Die PEDro-Skala besteht aus elf Items, welche mit «Ja» oder «Nein» beantwortet werden können. Ein Item sollte nur mit «Ja» beantwortet werden, wenn es eindeutig erfüllt wurde. Bei den Items 2-9 geht es um die Beurteilung der *internen Validität*. Bei den Items 10-11 wird bewertet, ob genügend statistische Informationen enthalten sind, welche eine Interpretation der Studienergebnisse ermöglicht. Das Item 1 bezieht sich auf die Bewertung der *externen Validität*. Es wurde jedoch nur in die PEDro-Skala übernommen, um der Delphi-Liste zu entsprechen und wird bei der endgültigen Punktezahl nicht berücksichtigt (Hegenscheidt et al., 2010).

4. Resultate

4.1. Studie von Anand und Karthikbabu (2021)

4.1.1. Zusammenfassung

Titel

Effects of additional inspiratory muscle training on mobility capacity and respiratory strength for school-children and adolescents with cerebral palsy: a randomized controlled trial.

Ziel der Studie

Das primäre Ziel der Studie war es herauszufinden, welchen Effekt ein zusätzliches IMT zu sensomotorischer Physiotherapie auf die Mobilität, gemessen am 6MWT, bei Schulkindern und Jugendlichen mit CP hat.

Das sekundäre Ziel bestand darin, den Effekt des IMT auf die Atemmuskulaturkraft und die Lungenfunktion bei CP zu untersuchen.

Studiendesign

Bei dieser Studie handelt es sich um ein RCT mit einem parallelen Studiendesign.

Methodik

Es wurden 337 Personen für die Teilnahme an dieser Studie geprüft. In der Tabelle 10 sind die in der Studie erwähnten Ein- und Ausschlusskriterien dargestellt.

Tabelle 10: Ein- und Ausschlusskriterien der Studie von Anand und Karthikbabu (2021) (eigene Darstellung)

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
Diagnostizierte spastische, dyskinetische oder ataktische CP	Seh- oder Hörbehinderung
8-15 Jahre alt	Operation innerhalb der letzten drei Monate, die eine Teilnahme an der sensomotorischen Physiotherapie verhindert
GMFCS-Level I, II oder III	Schwere oromotorische Probleme

Fähigkeit, einfache verbale Anweisungen zu verstehen	Schwere Lungeninfektionen oder bestehende Atemprobleme, welche sie an der Teilnahme der Intervention hindert
Die Orthopäd/-innen und Kinderärzt/-innen haben eine diagnostische Einstufung von CP vorgenommen	Andere Entwicklungsbehinderung
	Schwere Verhaltensauffälligkeiten
	Krampfanfälle
	Keine Einwilligung erteilt

Es wurden Kinder und Jugendliche mit CP (N=40) zwischen 8-15 Jahren für diese Studie rekrutiert. Die Teilnehmenden stammten aus zwei Sonderschulen (Spastic Society of Karnataka und Association of People with Disability, Bangalore, India).

Die 40 Teilnehmenden wurden nach dem Zufallsprinzip in die Kontrollgruppe (N=20) oder in die Interventionsgruppe (N=20) eingeteilt. Es kam in der Kontrollgruppe bei der Folgeuntersuchung nach zwei Monaten zu einem *Drop-Out*, wobei eine *«intention to treat» Analyse* durchgeführt wurde.

Von allen Teilnehmenden wurden folgende demographische Merkmale erhoben: Alter, Grösse, Gewicht, Body-Mass-Index (BMI), Geschlecht und GMFCS-Level.

Die folgenden Assessments wurden zu Beginn, nach sechs Wochen Training und zwei Monaten nach Abschluss des Trainings erhoben.

- **Lungenfunktion:** Folgende Parameter wurden zur Messung der Lungenfunktion erhoben: FVC, FEV1, PEF. Hierzu wurde ein Spirometer genutzt. Der Test wurde nach einer Demonstrations- und Übungseinheit in sitzender Position durchgeführt. Die Teilnehmenden mussten vollständig einatmen und dann schnell und maximal ausatmen. Es wurden acht Testversuche durchgeführt, wobei der Beste notiert wurde.
- **Atemmuskelkraft:** Die Atemmuskelkraft wurde mit einem Atemdruckmessgerät gemessen. Die MIP wurde nach der maximalen Inspiration gemessen, der eine maximale Expiration vorausging. Bei der Messung der MEP mussten die Teilnehmenden nach einer maximalen Inspiration kräftig ausatmen. Vor dem Test

wurden drei Übungsversuche mit einer Ruhepause von 5 Minuten gemacht. Die fünf besten Messwerte wurden notiert.

- **Mobilität:** Der 6MWT wurde zur Messung der Mobilität verwendet. Teilnehmende mit GMFCS-Level III nutzten ihre Hilfsmittel für die Durchführung.

Für das IMT in der Interventionsgruppe wurde der «Threshold IMT» verwendet. Die Teilnehmenden sollten sitzend 10- bis 15-mal durch das Gerät einatmen, dann 30 Sekunden Pause machen und den Zyklus anschliessend wiederholen. Diese Abfolge wurde während 15 Minuten ausgeführt. Über sechs Wochen hinweg wurde 3-mal pro Woche trainiert, insgesamt waren es 18 IMT-Sitzungen. Der Inspirationsdruck wurde auf 30% MIP gesetzt und wöchentlich um 5% der anfänglichen MIP erhöht. Vor den eigentlichen Trainingseinheiten wurde eine Übungseinheit mit dem/der Physiotherapeut/-in durchgeführt. Zusätzlich zu den IMT-Sitzungen wurde in der Interventionsgruppe während sechs Wochen 3-mal pro Woche eine 45-minütige sensomotorische Physiotherapie durchgeführt. Insgesamt waren es auch hier 18 Sitzungen. Die Übungen wurden individuell auf die verschiedenen GMFCS-Level der Teilnehmenden angepasst.

Die Teilnehmenden der Kontrollgruppe erhielten auch drei 45-minütige Trainingseinheiten pro Woche, insgesamt 18 Sitzungen, der sensomotorischen Physiotherapie, jedoch kein IMT.

Ergebnisse

- **Lungenfunktion:** Es konnte nach dem Training und bei der Nachbeobachtung kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen eruiert werden, ausser bezüglich des PEF. Auch war dies der einzige Parameter, bei dem sich die Interventionsgruppe nach sechs Wochen Training signifikant verbessern konnte.
- **Atemmuskelkraft:** Es konnte nach dem Training und bei der Nachbeobachtung kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen bezüglich der Parameter MIP und MEP beobachtet werden.
- **Mobilität:** Nach den sechs Wochen Training und bei der Nachbeobachtung konnte keine signifikante Verbesserung der Interventionsgruppe im Vergleich mit der Kontrollgruppe bezüglich des 6MWT beobachtet werden. Bei Vergleichen innerhalb der Interventions- und Kontrollgruppe gab es bei beiden Gruppen keine

signifikanten Verbesserungen des 6MWT von Beginn des Trainings bis sechs Wochen danach, sowie von Beginn des Trainings bis zur Nachbeobachtung.

Schlussfolgerung

Zusätzliches IMT bei sensomotorischer Physiotherapie hat keinen positiven Effekt auf die Mobilität, gemessen am 6MWT. Zudem hat das IMT die Lungenfunktion und die Atemmuskulatur (bis auf den PEF) nicht beeinflusst.

4.1.2. Würdigung

Die Studie von Anand und Karthikbabu (2021) erreicht in der PEDro-Skala 7 von 10 Punkte, wobei das erste Item nicht in die Punktezahl miteinberechnet wird (siehe Anhang IV).

Die Ein- und Ausschlusskriterien (Item 1) wurden im Methodik-Abschnitt klar spezifiziert (siehe Tabelle 10). Die Teilnehmenden wurden von einem/einer Lehrer/-in der Schule mit der Lotteriemethode den Gruppen randomisiert und verborgen zugeteilt (Item 2 & 3). Bei der Erhebung der demographischen und klinischen Merkmale waren sich die beiden Gruppen bezüglich des Alters, der Grösse, des Gewichts, des BMI, sowie der Geschlechterverteilung ähnlich, jedoch nicht in dem GMFCS-Level. Somit waren sich die beiden Gruppen bezüglich der wichtigsten prognostischen Indikatoren nicht ähnlich (Item 4).

Die Blindung der Teilnehmenden und Therapeut/-innen wird in der Studie nicht erwähnt. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Teilnehmenden und Therapeut/-innen in der Lage gewesen wären, zwischen den Behandlungen, die in den verschiedenen Gruppen ausgeführt wurden, zu unterscheiden (Item 5 & 6). Indem die Untersucher/-innen nicht in der Zuweisung oder der Intervention beteiligt waren, kann von deren Blindung ausgegangen werden (Item 7).

In der Studie gab es ein Drop-Out, wobei dessen Daten jedoch mit der «intention to treat» Methode analysiert worden sind (Item 8 & 9).

In zwei verschiedenen Tabellen wurden die Testresultate aller Assessments vor und nach dem Trainingsprogramm dargestellt, wobei sowohl die zwei Gruppen miteinander verglichen, als auch Veränderungen innerhalb der Gruppen

wiedergegeben wurden (Item 10). Zudem wurden Punkt- und Streuungsmasse (Standardabweichung) der verschiedenen Outcomes beschrieben (Item 11).

4.2. Studie von Kepenek-Varol et al. (2021)

4.2.1. Zusammenfassung

Titel

Effects of Inspiratory Muscle and Balance Training in Children with Hemiplegic Cerebral Palsy: A Randomized Controlled Trial.

Ziel der Studie

Das Ziel der Studie war es, den Effekt von IMT und Gleichgewichtstraining auf die Atemmuskulatur, die Lungenfunktion, die Mobilität, die Haltungskontrolle und das Gleichgewicht bei Kindern mit unilateraler CP zu untersuchen.

Studiendesign

Es handelt sich bei dieser Studie um ein RCT mit einem *Pretest/Posttest-Design*.

Methodik

Es wurden 225 Kinder, welche mit einer CP diagnostiziert wurden, für die Teilnahme an dieser Studie geprüft. In der Tabelle 11 sind die in der Studie erwähnten Ein- und Ausschlusskriterien aufgelistet.

Tabelle 11: Ein- und Ausschlusskriterien der Studie von Kepenek-Varol et al. (2021) (eigene Darstellung)

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
Durch einen Facharzt oder eine Fachärztin der Kinderneurologie diagnostizierte unilaterale CP	Orthopädische Operationen und/oder Botulinumtoxin-Injektionen in die untere Extremität innerhalb der letzten 6 Monate
7-16 Jahre alt	Schwere, medikamentös nicht kontrollierbare Krämpfe
GMFCS-Level I oder II	Angeborene Fehlbildungen, die mit der CP einhergehen
Genügend Kommunikationsfähigkeiten für die gesprochene und geschriebene Sprache	Wohnsitz ausserhalb der Stadt

	Dyskinetische, diplegische oder <i>tetraplegische</i> CP
	Keine Zustimmung für die Teilnahme

Schlussendlich wurden 30 Studienteilnehmer/-innen (16 Mädchen & 14 Knaben) ausgewählt. Sie wurden nach dem Zufallsprinzip in eine Kontrollgruppe (N=15) und eine Interventionsgruppe/Trainingsgruppe (N=15) aufgeteilt.

Von allen Teilnehmenden wurden folgende demographische und klinische Variablen erfasst: Alter, Geschlecht, topographische Klassifizierung (rechte/linke Seite betroffen), Geburtsgewicht, Art der Geburt, *Gestationsalter*, Hilfsmittel (falls vorhanden), Medikamente (falls vorhanden), BMI und GMFCS-Level.

Die unten aufgeführten Assessments wurden von allen Teilnehmenden vor der Behandlung und am Ende des 8-wöchigen Programms von der gleichen Person durchgeführt. Die Messung der Atemmuskulatur fand in beiden Gruppen wöchentlich statt.

- **Lungenfunktion:** Die Lungenfunktion wurde anhand eines Spirometers gemessen. Dabei wurden folgende Parameter erhoben: FVC, FEV1 und PEF. Diese Parameter wurden als Prozentsatz der vorhergesagten Werte ausgedrückt. Vor der Messung wurde die Durchführung erklärt und einmal vorgezeigt. Die Teilnehmenden hatten jeweils drei Versuche, wobei der beste Wert notiert wurde.
- **Atemmuskulatur:** Die Atemmuskulatur wurde mit einem portablen elektronischen Atemdruckmessgerät gemessen. Dabei wurden die MIP und die MEP erhoben. Die Messung erfolgte nach maximaler Ausatmung bzw. Einatmung. Die Durchführung wurde den Kindern vor der eigentlichen Testung erklärt und demonstriert. Der beste Wert von drei Testversuchen wurde notiert.
- **Mobilität:** Zur Bewertung der Mobilität wurde der 6MWT gemäss den Richtlinien der American Thoracic Society (ATS) durchgeführt. Vor der Testdurchführung und direkt danach wurden die Sauerstoffsättigung, der Blutdruck und die Herzfrequenz gemessen. Zudem wurde die Atemnot und Ermüdung anhand der modifizierten Borg-Skala eruiert. Bei Bedarf trugen die Kinder während der Testdurchführung Orthesen.

Zusätzlich wurde noch das Gleichgewicht und die Haltungskontrolle mit entsprechenden Assessments erhoben.

Während acht Wochen erhielten beide Gruppen ein auf der Neuroentwicklungstherapie (neurodevelopment therapy, NDT) basierendes, konventionelles physiotherapeutisches Rehabilitationsprogramm (conventional physiotherapy rehabilitation program, CPRP) mit Gleichgewichts- und Haltungskontrollübungen. Das CPRP wurde für die einzelnen Kinder gemäss den Untersuchungen individualisiert. Zudem wurden Gleichgewichtsübungen mit dem Biodex Balance System (BBS) durchgeführt.

Das CPRP fand 3-mal pro Woche während 45 Minuten statt. Nach der CPRP-Sitzung wurde jeweils in beiden Gruppen ein 15-minütiges Gleichgewichtstraining auf dem BBS durchgeführt. Eine Sitzung pro Woche fand unter der Supervision eines/einer Physiotherapeut/-in statt. Die anderen zwei Sitzungen wurden als Heimprogramm durchgeführt.

Die Interventionsgruppe erhielt zudem ein IMT, welches anhand eines Threshold-IMT-Geräts durchgeführt wurde. Der Inspirationswiderstand wurde dabei auf 30% der gemessenen MIP gesetzt. Die MIP wurde wöchentlich gemessen und der Inspirationswiderstand, falls nötig, neu angepasst. Die Interventionsgruppe trainierte während den acht Wochen 2-mal pro Tag für 15 Minuten. Eine Sitzung pro Woche wurde unter der Aufsicht eines/einer Physiotherapeut/-in durchgeführt. Die Eltern der Kinder wurden aufgefordert ein Tagebuch über die durchgeführten Trainingseinheiten auszufüllen, welches einmal pro Woche kontrolliert wurde.

Ergebnisse

Die für diese Arbeit relevanten Ergebnisse sind hier aufgelistet.

- **Lungenfunktion:** Die Studie fand in beiden Gruppen, sowie zwischen den Gruppen, bezüglich des Prozentsatzes der vorhergesagten Werte keine signifikante Veränderung bei folgenden Parametern: FVC und FEV1. Bei der Messung des PEF (Prozentsatz des vorhergesagten Wertes) kam es zu einer signifikanten Verbesserung in beiden Gruppen, wobei es zu keinem signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen kam.

- **Atemmuskelkraft:** Bei der Messung der MIP und der MEP konnte eine signifikante Verbesserung in beiden Gruppen festgestellt werden, wobei diese in der Interventionsgruppe signifikant grösser war.
- **Mobilität:** Beim 6MWT kam es zu einer signifikanten Verbesserung in beiden Gruppen, wobei es zu keinem signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen kam.

Schlussfolgerung

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass ein IMT-Training zusätzlich zu einer CPRP einen positiven Einfluss auf die Atemmuskelkraft bei Kindern mit unilateraler CP hat.

4.2.2. Würdigung

Die Studie von Kepenek-Varol et al. (2021) erreicht gemäss der PEDro-Skala 7 von 10 Punkten. Das erste Item wird dabei nicht in die Punktezahl miteinbezogen (siehe Anhang V).

Im Methodik-Abschnitt wurden die Ein- und Ausschlusskriterien (Item 1) für die Auswahl der Teilnehmenden spezifiziert (siehe Tabelle 11). Es wird zudem klar definiert, dass die Teilnehmenden den einzelnen Gruppen randomisiert zugeteilt wurden (Item 2). Dafür wurde ein computergestütztes Randomisierungsprogramm verwendet.

Die Zulassung zur Teilnahme erhielten die Kinder bevor klar war, in welche Gruppe sie eingeteilt werden würden. Aus diesem Grund erfolgte die Zuordnung der Gruppen verborgen (Item 3). Mit der anschliessenden Erhebung der demographischen und klinischen Merkmale der einzelnen Teilnehmenden konnten die Gruppen bezüglich derer Ähnlichkeit verglichen werden. Dabei wurde klar ersichtlich, dass die Gruppen bezüglich der wichtigsten prognostischen Indikatoren einander ähnlich waren (Item 4).

Die Teilnehmenden, sowie die Therapeut/-innen und Untersucher/-innen, waren bezüglich der Gruppenzuteilung nicht geblindet (Item 5-7). Dies wird in der Diskussion der Studie auch als deren grösste Limitation angegeben.

Da es in beiden Gruppen keine Drop-Outs gegeben hat, kann davon ausgegangen werden, dass von allen Teilnehmenden alle Assessments erhoben wurden und sie die Behandlungen wie geplant erhalten haben (Item 8 & 9). Dies wird in der Studie zudem in einer Grafik veranschaulicht.

In zwei verschiedenen Tabellen wurden die Testresultate aller Assessments, vor und nach dem Trainingsprogramm, übersichtlich dargestellt. Dabei wurden sowohl die zwei Gruppen miteinander verglichen, als auch Veränderungen innerhalb der Gruppen abgebildet (Item 10). Des Weiteren wurden Punkt- als auch Streuungsmasse (Standardabweichung) der verschiedenen Outcomes beschrieben (Item 11).

4.3. Studie von Keles et al. (2018)

4.3.1. Zusammenfassung

Titel

Effects of inspiratory muscle training in children with cerebral palsy: a randomized controlled trial.

Ziel der Studie

Das Ziel dieser Studie war es, die Auswirkungen von IMT auf die Atemmuskulatur, die Rumpfkontrolle, die Lungenfunktion, die Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL), die Mobilität und die Lebensqualität von Kindern mit CP zu untersuchen.

Studiendesign

Es handelt sich bei dieser Studie um ein RCT mit prospektivem Design.

Methodik

Insgesamt wurden 32 Kinder für die Teilnahme an der Studie geprüft. Anhand der in der untenstehenden Tabelle dargestellten Ein- und Ausschlusskriterien konnten anschliessend 28 Kinder im Alter von 7-14 Jahren mit CP rekrutiert werden.

Tabelle 12: Ein- und Ausschlusskriterien der Studie von Keles et al. (2018) (eigene Darstellung)

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
Durch einen Kinderarzt oder eine Kinderärztin oder einen/eine Neurolog/-in diagnostizierte CP	Orthopädische Operation oder Botulinumtoxin-A (BoNT-A)-Injektionen innerhalb der letzten 6 Monate
Fähigkeit mindestens 6 Minuten gehen zu können	Akute oder chronische Lungenerkrankungen
GMFCS-Level I und/oder II	Akute medizinische Erkrankungen
	Muskuloskeletale Probleme, welche die Gehfähigkeit beeinträchtigen könnten
	Geistige Beeinträchtigung, welche die Teilnahme und/oder Motivation beeinflussen könnte

Anschliessend wurden die Kinder nach Zufallsprinzip einer Behandlungsgruppe (N= 14) und einer Kontrollgruppe (N= 14) zugeteilt. Für jedes Kind wurden demografische und klinische Variablen erhoben, wie Alter, Grösse, Gewicht, BMI, Geschlecht, Bildungsstatus der Eltern, topografische Einstufung, sowie GMFCS-Levels der Kinder. In der Interventionsgruppe kam es zu einem Drop-Out und in der Kontrollgruppe zu zwei Drop-Outs. Es wurden schlussendlich in der Interventionsgruppe 13 Teilnehmende und in der Kontrollgruppe 12 Teilnehmende untersucht.

Vor- und nach der Intervention mit dem IMT wurden folgende Parameter gemessen:

- **Lungenfunktion:** Das FEV₁, die FVC und der PEF wurden anhand von Spirometriemessungen mit einem kalibrierten Spirometer bewertet.
- **Atemmuskelfkraft:** Für die Messung der MIP und der MEP wurde ein elektronischer Druckwandler mit einem starren Mundstück genutzt. Die Messung erfolgte nach maximaler Einatmung bzw. Ausatmung. Es wurden maximal neun Manöver durchgeführt, bei welchen der Druck vor der Aufzeichnung immer mindestens eine Sekunde lang gehalten werden musste. Der höchste Wert wurde notiert.
- **Mobilität:** Zur Bewertung der funktionellen körperlichen Leistungsfähigkeit wurde der 6MWT gebraucht, welcher nach den Guidelines der ATS durchgeführt wurde. Der Test wurde 2-mal wiederholt und die Kinder hatten zwischen den Tests eine halbe Stunde Pause. Die höchste Distanz wurde notiert.

Zusätzlich wurden die Rumpfkontrolle, die ADL und die Lebensqualität mit entsprechenden Assessments erhoben.

Das Atemmuskultraining wurde sechs Wochen lang, sieben Tage pro Woche, für insgesamt 30 Minuten pro Tag, von beiden Gruppen durchgeführt. Hierbei wurde der «Threshold IMT» gebraucht. Eine einwöchige Eingewöhnungsphase mit ihren Eltern sollte den Kindern helfen, die Zwerchfellatmung mit dem Gerät adäquat zu erlernen. Die Behandlungsgruppe erhielt einen IMT mit 30% der MIP. Die MIP wurde jede Woche gemessen und die Trainingsbelastung angepasst, damit die 30% der MIP erhalten blieben. Die Kontrollgruppe hatte ein Schein-IMT mit einer Arbeitsbelastung von 5% der MIP. Bei der Durchführung des Atemmuskultrainings sollten die Kinder

10 bis 15 Atemzüge lang die Zwerchfellatmung mit dem Gerät beibehalten und zwischen den Atemzügen 5 bis 10 Sekunden lang pausieren. Dieser Rhythmus war 2-mal täglich 15 Minuten lang aufrechtzuerhalten. Um sicherzustellen, dass das IMT korrekt angewendet wird, überprüften die Eltern zu Hause ihre Kinder bei der Durchführung des IMT. Zudem wurden die Kinder 3-mal in der Woche telefonisch kontrolliert. Ausserdem füllten die Kinder mit ihren Eltern Trainingstagebücher aus, welche einmal wöchentlich von den Prüfärzten oder Prüfärztinnen begutachtet wurden. Während den sechs Wochen Atemmuskeltraining erhielten beide Gruppen an drei Tagen pro Woche 40 Minuten konventionelle Physiotherapie.

Ergebnisse

Die für diese Arbeit relevanten Ergebnisse sind hier aufgelistet.

- **Lungenfunktion:** Der PEF hat sich in der Interventionsgruppe signifikant verbessert, jedoch ist der Unterschied zur Kontrollgruppe nicht signifikant. Bei den restlichen Parametern der Lungenfunktion konnten keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Messzeitpunkte innerhalb und zwischen den Gruppen gefunden werden.
- **Atemmuskelkraft:** Bei der Behandlungsgruppe konnte bezüglich der MIP und der in Prozent vorhergesagten MIP eine signifikante Verbesserung im Vergleich zur Kontrollgruppe festgestellt werden. Bei der MEP und der in Prozent vorhergesagten MEP konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen gezeigt werden.
- **Mobilität:** Bei der Behandlungsgruppe konnte eine signifikante Verbesserung im Vergleich zu der Kontrollgruppe bezüglich der zurückgelegten Distanz und der in Prozent vorhergesagten Distanz des 6MWT beobachtet werden.

Schlussfolgerung

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass IMT die Atemmuskelkraft und die Mobilität von Kindern mit CP verbessert. Dementsprechend sollte IMT bei der physiotherapeutischen Behandlung von Kindern mit CP angewendet werden.

4.3.2. Würdigung

Die Studie von Keles et al. (2018) erreicht in der PEDro-Skala 8 von 10 Punkten, wobei das erste Item nicht in die Punktezahl miteinbezogen wird (siehe Anhang VI).

Die Ein- und Ausschlusskriterien (Item 1) für die Auswahl der Teilnehmenden werden spezifiziert (siehe Tabelle 12). Die Teilnehmenden wurden mit einem computergestützten Randomisierungsprogramm den Gruppen randomisiert zugeteilt (Item 2). Die Zuordnung erfolgte mit verschlossenen und blickdichten Briefumschlägen, durch eine nicht bei der Studie involvierte Person und war somit verborgen (Item 3).

Demographische und klinische Merkmale wurden erhoben und in einer Tabelle verglichen. Anhand von den Werten in der Tabelle kann davon ausgegangen werden, dass sich die Gruppen ähnlich waren (Item 4).

Die Blindung der Teilnehmenden und Therapeut/-innen wird in der Studie nicht erwähnt. Bei den Teilnehmenden kann davon ausgegangen werden, dass sie nicht in der Lage gewesen wären, zwischen den Behandlungen, die in den verschiedenen Gruppen ausgeführt wurden, zu unterscheiden, da der Kontrollgruppe ein Schein-IMT zur Durchführung der Atemtherapie gegeben wurde (Item 5). Bei den Therapeut/-innen kann diese Annahme jedoch nicht gemacht werden, da sie schliesslich das Schein-IMT einstellen mussten (Item 6). Die Untersucher/-innen waren geblindet (Item 7).

Trotz den insgesamt drei Drop-Outs wurden bei über 85% der ursprünglich den Gruppen zugeordneten Teilnehmenden mindestens ein zentrales Outcome gemessen. Ob Daten der Drop-Outs mit einer «intention to treat» Methode analysiert wurden, ist in der Studie nicht erwähnt (Item 9).

Die Testresultate aller Assessments vor und nach dem Trainingsprogramm wurden in zwei verschiedenen Tabellen übersichtlich dargestellt. Dabei wurden sowohl die zwei Gruppen miteinander verglichen als auch Veränderungen innerhalb der Gruppen abgebildet (Item 10). Auch Punkt- und Streuungsmasse der verschiedenen Outcomes wurden beschrieben (Item 11).

4.4. Übersicht der Studien in Tabellenform

Im Folgenden sind die drei Hauptstudien in Tabellenform übersichtlich dargestellt (siehe Tabelle 13-17).

Tabelle 13: Titel, Studiendesign und Ziel der Studien (eigene Darstellung)

	Anand und Karthikbabu (2021)	Kepek-Varol et al. (2021)	Keles et al. (2018)
Titel	Effects of additional inspiratory muscle training on mobility capacity and respiratory strength for school-children and adolescents with cerebral palsy: a randomized controlled trial.	Effects of Inspiratory Muscle and Balance Training in Children with Hemiplegic Cerebral Palsy: A Randomized Controlled Trial.	Effects of inspiratory muscle training in children with cerebral palsy: a randomized controlled trial.
Studiendesign	RCT mit parallelem Studiendesign.	RCT mit Pretest/Posttest-Design.	RCT mit prospektivem Design.
Ziel	<ul style="list-style-type: none"> - Effekt eines zusätzlichen IMT zu sensomotorischer Physiotherapie auf die Mobilität, gemessen am 6MWT, untersuchen. - Effekt des IMT auf die Atemmuskulatur und die Lungenfunktion untersuchen. 	Effekt von IMT und Gleichgewichtstraining auf die Atemmuskulatur, die Lungenfunktion, die Mobilität, die Haltungskontrolle und das Gleichgewicht untersuchen.	Auswirkungen von IMT auf die Atemmuskulatur, die Rumpfkontrolle, die Lungenfunktion, die ADL, die Mobilität und die Lebensqualität untersuchen.

Tabelle 14: Population und Stichprobe der Studien (eigene Darstellung)

		Anand und Karthikbabu (2021)	Kepenek-Varol et al. (2021)	Keles et al (2018)
Population		Kinder mit CP	Kinder mit CP	Kinder mit CP
Stichprobe	Stichproben- grösse	40 Studienteilnehmer/-innen - Kontrollgruppe (N=20) - Interventionsgruppe (N=20)	30 Studienteilnehmer/-innen - Kontrollgruppe (N=15) Interventionsgruppe (N=15)	25 Studienteilnehmer/-innen - Kontrollgruppe (N=12) - Interventionsgruppe (N=13)
	Drop-Outs	1 Person (nicht in der Teilnehmendenanzahl von 40 berücksichtigt → intention to treat)	keine	3 Personen (bereits in der Teilnehmendenanzahl von 25 berücksichtigt)
	Geschlecht	- 14 Mädchen - 26 Knaben	- 16 Mädchen - 14 Knaben	- 13 Mädchen - 12 Knaben
	Alter	8-15 Jahre	7-16 Jahre	7-12 Jahre
	GMFCS- Level	- Level I (N=17) - Level II (N=9) - Level III (N=14)	- Level I (N=18) - Level II (N=12)	- Level I (N=17) - Level II (N=8)
	Setting	Sonderschulen in Bangalore, Indien: "The Spastic Society of Karnataka" und "Association of People with Disability"	Türkei	Türkei

	Einschlusskriterien	<ul style="list-style-type: none"> - Diagnostizierte spastische, dyskinetische oder ataktische CP - 8-15 Jahre alt - GMFCS-Level I, II oder III - Fähigkeit einfache verbale Anweisungen zu verstehen - Die Orthopäd/-innen und Kinderärzt/-innen haben eine diagnostische Einstufung von CP vorgenommen 	<ul style="list-style-type: none"> - Diagnostizierte unilaterale CP durch einen Facharzt oder eine Fachärztin Kinderneurologie - 7-16 Jahre alt - GMFCS-Level I oder II - Genügend Kommunikationsfähigkeiten für die gesprochene und geschriebene Sprache 	<ul style="list-style-type: none"> - Diagnostizierte CP durch einen Kinderarzt oder eine Kinderärztin oder einen/eine Neurolog/-in - Fähigkeit mindestens 6 Minuten gehen zu können - GMFCS-Level I und/oder II
	Ausschlusskriterien	<ul style="list-style-type: none"> - Seh- und Hörbehinderung - Operation innerhalb der letzten drei Monate, die eine Teilnahme an der sensomotorischen Physiotherapie verhindert - Schwere oromotorische Probleme 	<ul style="list-style-type: none"> - Orthopädische Operationen und/oder Botulinumtoxin-Injektionen in die untere Extremität innerhalb der letzten sechs Monate - Schwere, medikamentös nicht kontrollierbare Krämpfe - Angeborene Fehlbildungen, die mit der CP einhergehen 	<ul style="list-style-type: none"> - Orthopädische Operation oder Botulinumtoxin-A (BoNT-A)-Injektionen innerhalb der letzten sechs Monate - Akute oder chronische Lungenerkrankungen - Akute medizinische Erkrankungen

	<ul style="list-style-type: none"> - Schwere Lungeninfektionen oder bestehende Atemprobleme, welche sie an der Teilnahme der Intervention hindert - Andere Entwicklungsbehinderung - Schwere Verhaltensauffälligkeiten - Krampfanfälle - Keine Einwilligung erteilt 	<ul style="list-style-type: none"> - Wohnsitz ausserhalb der Stadt - Dyskinetische, diplegische oder tetraplegische CP - Keine Zustimmung für die Teilnahme 	<ul style="list-style-type: none"> - Muskuloskelettale Probleme, welche die Gehfähigkeit beeinträchtigen könnten - Geistige Beeinträchtigung, welche die Teilnahme und/oder Motivation beeinflussen könnte
Andere Variablen	<ul style="list-style-type: none"> - Grösse (Durchschnitt*: 133.35 cm) - Gewicht (Durchschnitt*: 32.58 kg) - BMI (Durchschnitt*: 18.07 kg/m²) 	<ul style="list-style-type: none"> - Topographische Klassifizierung (rechte/linke Seite betroffen): Rechts (N=19), Links: (N=11) - Geburtsgewicht (Durchschnitt*: 2'714 g) - Art der Geburt: Kaiserschnitt (N=16), Vaginalgeburt (N=14) 	<ul style="list-style-type: none"> - Grösse (Durchschnitt*: 130 cm) - Gewicht (Durchschnitt*: 29 kg) - BMI (Durchschnitt*: 17.7 kg/m²) - Bildungsstatus Mutter: „Primary school“ (N=2), „Junior high school“ (N=2), „Senior

			<ul style="list-style-type: none"> - Gestationsalter (Durschnitt*: 35.9 Wochen) - Hilfsmittel: keine (N=17), Nachtorthesen (N=3), Fussgelenkorthese/dynamische Fussgelenkorthese (N=10) - Medikamente: Antikonvulsivum (N=8) - BMI (Durchschnitt*: 18.17 kg/m²) 	<ul style="list-style-type: none"> high school" (N=11), "University or above" (N=10) - Bildungsstatus Vater: „Primary school“ (N=2), „Junior high school“ (N=2), "Senior high school" (N=9), "University or above" (N=12) - topografische Einstufung (hemiplegische/diplegische CP): hemiplegisch (N=16), diplegisch (N=9)
--	--	--	--	---

*Der ausgerechnete Durchschnitt bezieht sich auf die gesamte Stichprobe (Interventions- und Kontrollgruppe)

Tabelle 15: Datenerhebung, Intervention und Assessments der Studien (eigene Darstellung)

	Anand und Karthikbabu (2021)	Kepenek-Varol et al. (2021)	Keles et al. (2018)
Daten- erhebung	Vor der Behandlung, nach sechs Wochen Training und zwei Monate nach Abschluss des Trainings	Vor der Behandlung und nach acht Wochen Training. Atemmuskelfkraft wurde wöchentlich erhoben.	Vor der Behandlung und nach sechs Wochen Training. Atemmuskelfkraft wurde wöchentlich erhoben.
Intervention	6-wöchiges Trainingsprogramm <ul style="list-style-type: none"> - Kontrollgruppe: sensomotorische Physiotherapie - Interventionsgruppe: sensomotorische Physiotherapie + IMT 	8-wöchiges Trainingsprogramm <ul style="list-style-type: none"> - Kontrollgruppe: auf NDT basierendes CPRP - Interventionsgruppe: auf NDT basierendes CPRP + IMT 	6-wöchiges Trainingsprogramm <ul style="list-style-type: none"> - Kontrollgruppe: konventionelle Physiotherapie + Schein-IMT - Interventionsgruppe: konventionelle Physiotherapie + IMT
Intervention- Details	<ul style="list-style-type: none"> - Sensomotorische Physiotherapie: 3x/Woche à 45min - IMT: 30% MIP → wöchentlich +5%, 3x/Woche à 15min mit Threshold IMT (Respironics Inc, Murrysville, PA, USA) 	<ul style="list-style-type: none"> - CPRP: 3x/Woche à 45min, +15min BBS - IMT: 30% MIP, 2x/Tag à 15min mit Threshold IMT (Threshold IMT; Philips-Respironics, Pittsburgh, USA) 	<ul style="list-style-type: none"> - Konventionelle Physiotherapie: 3x/Woche à 40min - IMT: Interventionsgruppe 30% MIP, Kontrollgruppe 5% MIP, 2x/Tag à 15min mit Threshold

			IMT (Philips Respironics, Pittsburgh, PA, USA)
Assessments	<ul style="list-style-type: none"> - Lungenfunktion: FVC, FEV1, PEF gemessen anhand Spirometer (Easy-one (Medizintechnik Schweiz)) - Atemmuskelkraft: MIP, MEP gemessen anhand Atemdruckmessgerät (Micro RPM, Carefusion, UK) - Mobilität: 6MWT 	<ul style="list-style-type: none"> - Lungenfunktion: FVC, FEV1, FEV1/FVC und PEF gemessen anhand Spirometer (COSMED Pony FX (COSMED; Italien)) - Atemmuskelkraft: MIP, MEP gemessen anhand Atemdruckmessgerät (MicroRPM, Micro Medical UK) - Gleichgewicht und Haltungskontrolle: BBS mit 3 Tests: Postural Stability Test, Limits of Stability Test, Test of Sensory Integration and Balance - Mobilität: 6MWT 	<ul style="list-style-type: none"> - Lungenfunktion: FEV1, FVC, PEF, PEF25-75% gemessen anhand Spirometer (ZAN 100 flow handy II, ZAN, Oberthulba, Germany) - Atemmuskelkraft: MIP, MEP gemessen anhand elektronischem Druckwandler (MicroRPM; Micromedical, Kent, UK) - Mobilität: 6MWT - Rumpfkontrolle: Trunk control Measurement Scale - ADL: Pediatric Evaluation of Disability Inventory - Lebensqualität: Cerebral Palsy Quality of Life Questionnaire for Children

Tabelle 16: Statistische Analyse, Resultate, Schlussfolgerung und Limitationen der Studien (eigene Darstellung)

	Anand und Karthikbabu (2021)	Kepenek-Varol et al. (2021)	Keles et al. (2018)
Statistische Analyse	<ul style="list-style-type: none"> - SPSS 16.0 Version - Shapiro-Wilk - Levene's Test - Varianzanalyse - Bonferroni adjustment - Signifianzniveau: $p < 0.05$ 	<ul style="list-style-type: none"> - SPSS V.20 (SPSS Inc., USA) - Komogrov-Smirnov Test - Chi-Quadrat Test - Paired Sample T-Test - Independent Samples T-Tests - Signifianzniveau: $p < 0.05$ - Cohen's d (0.8 grosser, 0.5 mittlerer, 0.2 kleiner Effekt) - 95% Konfidenzintervall - G*Power Software 	<ul style="list-style-type: none"> - SPSS 20.0 (SPSS, Chicago, IL, USA) - Kologorov-Smirnov Test - Mann-Whitney U Test - Chi-Quadrat Test - Kovarianz-Analyse - Bonferroni Test - Signifianzniveau: $p < 0.05$ - Effektgrössen: >0.2 klein, 0.5-0.8 moderat, ≥ 0.8 gross) - G*Power Software
Resultate	<ul style="list-style-type: none"> - Keine signifikante Veränderung in beiden Gruppen: FEV1, FVC, MIP, MEP, 6MWT - Interventionsgruppe signifikante Veränderung: 	<ul style="list-style-type: none"> - Keine signifikante Veränderung in beiden Gruppen: FVC, FVC in % vorhergesagt, FEV1, FEV1 in % vorhergesagt und FEV1/FVC 	<ul style="list-style-type: none"> - Keine signifikante Veränderung in beiden Gruppen: FEV1, FVC, FEV1/FVC, FEF25-75%, - Interventionsgruppe signifikante Veränderung: PEF, MIP, MIP in %

	<p>PEF (Nach sechs Wochen Training)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Interventionsgruppe signifikant grössere Veränderung als Kontrollgruppe: PEF (Nach sechs Wochen Training) 	<ul style="list-style-type: none"> - Interventionsgruppe signifikante Veränderung: 6MWT, MIP, MEP, PEF, PEF in % vorhergesagt, posturale Stabilität und Gleichgewicht (mit Ausnahme von zwei Werten der Untergruppe «Test of Sensory Integration and Balance») - Kontrollgruppe signifikante Veränderung: 6MWT, MIP, MEP, PEF, PEF in % vorhergesagt, posturale Stabilität und Gleichgewicht (mit Ausnahme von zwei Werten der Untergruppe «Test of Sensory Integration and Balance») - Interventionsgruppe signifikant grössere 	<p>vorhergesagt, MEP, MEP in % vorhergesagt, 6MWT (Distanz, in % vorhergesagte Distanz), Rumpfkontrolle (selektive Bewegungskontrolle, dynamisches Greifen und Total), Alltagsaktivitäten (Selbstversorgung, Mobilität und soziale Funktion), Lebensqualität (soziales Wohlbefinden und Akzeptanz, Funktionalität, emotionale Gesundheit)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kontrollgruppe signifikante Veränderung: PEF, MIP, MIP in % vorhergesagt, MEP, MEP in % vorhergesagt - Interventionsgruppe signifikant grössere Veränderung als
--	--	--	--

		<p>Veränderung als Kontrollgruppe: MIP, MEP</p>	<p>Kontrollgruppe: MIP, MIP in % vorhergesagt, 6MWT (Distanz, in % vorhergesagte Distanz), Rumpfkontrolle (selektive Bewegungskontrolle, dynamisches Greifen und Total), Alltagsaktivitäten (Selbstversorgung, Mobilität und soziale Funktion), Lebensqualität (soziales Wohlbefinden und Akzeptanz)</p>
<p>Schlussfolgerung</p>	<p>Zusätzliches IMT bei sensomotorischer Physiotherapie hat keinen positiven Effekt auf die Mobilität, gemessen am 6MWT. Zudem hat das IMT die Lungenfunktion und die Atemmuskulatur (bis auf den PEF) nicht beeinflusst.</p>	<p>IMT zusätzlich zu CPRP hat einen positiven Einfluss auf die Atemmuskulatur. Auf NDT basierende Gleichgewichtsübungen haben positiven Effekt auf Gleichgewicht, Haltungskontrolle, Atemmuskulatur, Mobilität sowie</p>	<p>IMT verbessert die Rumpfkontrolle, die Atemmuskulatur, die ADL, die funktionelle Bewegungsfähigkeit und die Lebensqualität.</p>

		die Lungenfunktion bezüglich des Parameters PEF.	
--	--	--	--

Tabelle 17: PEDro-Skala und Limitationen (eigene Darstellung)

	Anand und Karthikbabu (2021)	Kepenek-Varol et al. (2021)	Keles et al. (2018)
PEDro-Skala	<p>7/10 Punkte</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erfüllte Items: 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 11 - Nicht erfüllte Items: 4, 5, 6 <p><i>Item 1: nicht in der Bewertung berücksichtigt</i></p>	<p>7/10 Punkte</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erfüllte Items: 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10 & 11 - Nicht erfüllte Items: 5, 6 & 7 <p><i>Item 1: nicht in der Bewertung berücksichtigt</i></p>	<p>8/10 Punkte</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erfüllte Items: 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 11 - Nicht erfüllte Items: 6, 9 <p><i>Item 1: nicht in der Bewertung berücksichtigt</i></p>
Limitationen	<ul style="list-style-type: none"> - Die Gruppen waren bzgl. der wichtigsten prognostischen Indikatoren einander nicht ähnlich. - Die Teilnehmenden waren nicht geblindet - Die Therapeut/-innen waren nicht geblindet 	<ul style="list-style-type: none"> - Keine Blindung der Therapeut/-innen, Teilnehmenden und Untersucher/-innen bezüglich der Gruppenzuordnung. 	<ul style="list-style-type: none"> - Die Therapeut/-innen waren nicht geblindet. - Die Daten der Drop-Outs wurden nicht mit einer «intention to treat» Methode analysiert.

5. Diskussion

Lungenerkrankungen bei Kindern mit CP sind die häufigste Ursache für Mortalität, Morbidität und eingeschränkter Lebensqualität (Marpole et al., 2020). In der Literatur wurde bereits über verschiedene Behandlungsmöglichkeiten zur Verbesserung der Lungenfunktion berichtet. Zu diesen Behandlungsansätzen zählt auch das inspiratorische Atemmuskeltraining mit dem «Threshold IMT». Diese Arbeit setzte sich zum Ziel die Effektivität von IMT bei Kindern mit CP auf verschiedene Parameter der Lungenfunktion, der Atemmuskelkraft und der Mobilität zu untersuchen. Dies erfolgte anhand einer systematischen Literaturanalyse, wobei drei passende Studien gefunden wurden.

In allen diesen drei Studien konnte eine signifikante Verbesserung des PEF durch IMT bei Kindern mit CP erreicht werden. Zwei Studien fanden eine signifikante Verbesserung des MIP und MEP, sowie des 6MWT. Die Parameter FEV1 und FVC wurden in keiner der drei Studien signifikant durch IMT verbessert.

Die drei Hauptstudien werden in den nachfolgenden Kapiteln miteinander verglichen und die Resultate werden diskutiert. Abschliessend werden die Limitationen dieser Arbeit aufgezeigt.

5.1. Vergleich der Studien

5.1.1. Methodik

Bei allen drei Hauptstudien handelt es sich um RCTs, was den Vergleich der Studien vereinfacht. RCTs gelten als die strengste Methode der Hypothesenüberprüfung in der Epidemiologie und Medizin (Porta et al., 2014, S. 238). Trotzdem sollten die jeweiligen Studien auf ihre Qualität überprüft werden, wobei die interne und externe Validität beurteilt werden (Jüni et al., 2001). Die PEDro-Skala kann für diese Qualitätsüberprüfung genutzt werden, wobei die Studien von Anand und Karthikbabu (2021) und Kepenek-Varol et al. (2021) beide 7/10 Punkte und die Studie von Keles et al. (2018) sogar 8/10 Punkte erreichte.

In allen drei Studien wurden die Studienteilnehmer/-innen nach dem Zufallsprinzip einer Kontroll- oder einer Interventionsgruppe zugeteilt. Dies führte zu einer gleichmässigen Verteilung der bekannten und unbekanntenen *Störfaktoren* (*Confounder*). Hierfür ist jedoch eine Stichprobengrösse von mindestens 300 Teilnehmenden die Voraussetzung (Mad et al., 2008). Die maximale Stichprobengrösse der drei Hauptstudien waren 40 Teilnehmer/-innen. Dadurch kann es durch Zufall auch bei guter Randomisierung zu einer ungleichen Verteilung der Confounder kommen. Trotz der kleinen Proband/-innenzahl waren sich die Kontroll- und Interventionsgruppe der Studien von Kepenek-Varol et al. (2021) und Keles et al. (2018) bezüglich der wichtigsten prognostischen Faktoren ähnlich. Die Studie von Anand und Karthikbabu (2021) hingegen erfüllte dieses Kriterium nicht. Die Gruppen waren sich bezüglich des GMFCS-Levels nicht ähnlich. Dies hat zur Folge, dass sich die Ergebnisse dieser Studie nicht zwingend auf die Interventionen zurückschliessen lassen.

Bei den Studien von Anand und Karthikbabu (2021) und Keles et al. (2018) kam es zu Drop-outs, wobei nur die Studie von Anand und Karthikbabu (2021) diese mit einer «Intention to treat» Methode analysierte. Die drei Drop-Outs der Studie von Keles et al. (2018) könnten nun zur Folge gehabt haben, dass die Confounder der Interventions- und Kontrollgruppe nicht mehr gleichmässig verteilt waren, was die Studienergebnisse beeinflusst haben kann (Lachin, 2000).

Als weiterer Punkt wird auf die Verblindung der Studien eingegangen. Durch die Verblindung einer Studie wird sichergestellt, dass es zu keiner unabsichtlichen oder absichtlichen Verzerrung der Resultate kommt. Eine Verblindung trägt somit zur Glaubwürdigkeit der Studienergebnisse bei (Day & Altman, 2000). Die Studie von Keles et al. (2018) wies die beste Verblindung auf, da nur die Therapeut/-innen nicht verblindet waren. Bei den Studien von Anand und Karthikbabu (2021) und Kepenek-Varol et al. (2021) kam es zusätzlich zu keiner Verblindung der Teilnehmenden und bei der Letzteren wurden auch die Untersucher/-innen nicht verblindet. Dadurch war die Studie von Kepenek-Varol et al. (2021) am wenigsten verblindet. Dies könnte die Ergebnisse beeinflusst haben, denn Schulz et al. (1995) zeigten, dass Studien ohne eine angemessene Verblindung im Durchschnitt grössere Behandlungseffekte zeigen, als verblindete Studien. Dennoch muss gesagt werden, dass eine Verblindung nicht immer möglich ist (Day & Altman, 2000). Bezüglich der drei Hauptstudien wäre eine angemessene Verblindung der Therapeut/-innen gar nicht umsetzbar gewesen. Diese mussten über die Einteilung der Teilnehmenden in die Kontroll-oder Interventionsgruppe Bescheid wissen, um eine entsprechende Therapie gestalten zu können.

Als letzter Punkt wird auf die angewendeten Assessments eingegangen. Alle drei Studien untersuchten die gleichen objektiven Parameter zur Testung der Lungenfunktion, Atemmuskelkraft und Mobilität. Dies vereinfacht die Gegenüberstellung der Resultate. Der 6MWT wurde in allen drei Studien nach den «American Thoracic Guidelines» durchgeführt. Bei der Testung der Parameter der Lungenfunktion und Atemmuskelkraft wurden dieselben Messinstrumente verwendet. Die Studien von Keles et al. (2018) und Kepenek-Varol et al. (2021) führten alle Messungen nach den ATS oder nach den «European Respiratory Society» (ERS) Guidelines durch. Die Studie von Anand und Karthikbabu (2021) erwähnte nur bei der Messung der Parameter der Lungenfunktion, dass diese gemäss der ERS Guidelines durchgeführt wurde. Bei der Messung der Atemmuskelkraft wurde dies nicht spezifiziert. Zudem unterschied sich die Anzahl der erlaubten Versuche und die Instruktion zwischen den Studien. Auffällig ist, dass die Studie von Kepenek-Varol et al. (2021) die kleinste Anzahl an Testversuchen zur Prüfung der Lungenfunktion und

Atemmuskelkraft durchführte. Dies könnte einen negativen Einfluss auf die Studienresultate gehabt haben.

Alle Studien erhoben ihre Daten vor, sowie nach der Durchführung der Intervention. Die Studie von Anand und Karthikbabu (2021) führte eine zusätzliche Datenerhebung zwei Monate nach Abschluss der Intervention durch. Dies ermöglicht Ergebnisse über den Langzeiteffekt der Therapie.

5.1.2. Interventionen

Bei allen Studien wurde das Atemmuskeltraining mit einem «Threshold IMT» durchgeführt. Paiva et al. (2015) beschrieben, dass der «Threshold IMT» effektiver für die Steigerung der Atemmuskelkraft ist als der «Incentive Spirometer».

Bei den Studien von Anand und Karthikbabu (2021) und Kepenek-Varol et al. (2021) erhielten die Teilnehmenden der Kontrollgruppe Physiotherapie, jedoch keine Atemtherapie. Nur die Studie von Keles et al. (2018) wendete bei der Kontrollgruppe zusätzlich zur konventionellen Physiotherapie ein Schein-IMT an, welches auf 5% MIP eingestellt war. Die Autorinnen konnten in der Literatur keinen Richtwert finden, ab wieviel Prozent MIP ein Atemmuskeltraining einen Einfluss auf die Lungenfunktion hat. Somit ist nicht auszuschliessen, dass das Schein-IMT einen Trainingseffekt hatte.

Auch die Zeitspanne der Studien war unterschiedlich lang. Während die Studien von Anand und Karthikbabu (2021) und Keles et al. (2018) über einen Zeitraum von sechs Wochen durchgeführt wurden, dauerte die Studie von Kepenek-Varol et al. (2021) acht Wochen. Zudem variierte die Häufigkeit des Trainings zwischen den Studien. Die Teilnehmer/-innen der Studien von Keles et al. (2018) und Kepenek-Varol et al. (2021) trainierten sieben Tage die Woche je zweimal pro Tag für 15 Minuten mit dem «Threshold IMT». In der Studie von Anand und Karthikbabu (2021) führten die Teilnehmer/-innen lediglich dreimal pro Woche ein inspiratorisches Atemmuskeltraining von 15 Minuten aus. Dies wäre nach Göhl et al. (2016), welcher die ideale Trainingshäufigkeit mit fünf- bis siebenmal pro Woche beschreibt, eine zu geringe Dosierung. Durch diese unterschwellige Dosierung könnte der Trainingseffekt des Atemmuskeltrainings kleiner gewesen sein.

Des Weiteren wurde der «Threshold IMT» bei den verschiedenen Studien unterschiedlich stark eingestellt. Auch wenn der Anfangswert bei allen Studien 30% MIP betrug, wurde in der Studie von Anand und Karthikbabu (2021) das MIP wöchentlich um 5% gesteigert. Bei Kepenek-Varol et al. (2021) und Keles et al. (2018) wurde das MIP auch wöchentlich neu gemessen und eingestellt, betrug danach aber immer noch 30% MIP. Durch die kontinuierliche Steigerung des MIP in der Studie von Anand und Karthikbabu (2021) führten die Proband/-innen das Atemmuskeltraining gegen mehr Widerstand aus als die Proband/-innen der zwei anderen Studien. Der vergrösserte Widerstand und die somit erhöhte Trainingsintensität belastet die inspiratorischen Atemmuskeln stärker und kann somit einen Einfluss auf die Ergebnisse der Studie gehabt haben.

Auch das Ausmass der Überprüfung der korrekten Ausführung des IMTs war unterschiedlich. In der Studie von Anand und Karthikbabu (2021) war bei jeder Atemtherapie ein/-e Physiotherapeut/-in anwesend und kontrollierte die Umsetzung. Dies war wahrscheinlich möglich, da die Studie eine tiefere Trainingshäufigkeit hatte. Folglich kann davon ausgegangen werden, dass das IMT möglichst optimal und fehlerfrei durchgeführt wurde. Hingegen überprüften in der Studie von Kepenek-Varol et al. (2021) die zuständigen Physiotherapeut/-innen die Ausführung des IMTs, sowie das von den Eltern geführte Tagebuch nur einmal pro Woche. Bei Keles et al. (2018) prüften die Eltern der Kinder die Durchführung des IMTs. Die Forschenden telefonierten dreimal pro Woche mit den Eltern und schauten sich das von ihnen geführte Tagebuch an. Indem bei diesen beiden Studien die Ausführung des IMTs weniger streng kontrolliert wurde, kann dessen korrekte Durchführung nicht garantiert werden. Fehlerhafte Trainingsdurchführung kann den Effekt des IMTs vermindern und somit einen Einfluss auf die Resultate der Studien gehabt haben.

Bei allen drei Studien erhielten die Proband/-innen dreimal pro Woche Physiotherapie, wobei bei Anand und Karthikbabu (2021) und bei Kepenek-Varol et al. (2021) die Therapie 45 Minuten, bei Keles et al. (2018) 40 Minuten dauerte. Die drei Studien benutzten verschiedene Therapieansätze und -übungen, was die Vergleichbarkeit der Studienresultate erschwert. Anand und Karthikbabu (2021) wendeten sensomotorische Physiotherapie an, wobei die Übungen je nach GMFCS-Level des Kindes ausgewählt wurden. Die Proband/-innen von Kepenek-Varol et al.

(2021) führten ein auf NDT basierendes CPRP durch und passten dabei die Übungen individuell auf das Kind an. Zudem erhielten die Proband/-innen 15 Minuten BBS. Keles et al. (2018) benutzten konventionelle Physiotherapie, wobei die Übungen nicht spezifisch auf das Kind angepasst wurden. Die angewendeten Übungen variierten demnach je nach Studie. Somit kann bei der Betrachtung der Ergebnisse ein Effekt der verschiedenen Übungen auf die Parameter nicht ausgeschlossen werden.

5.1.3. Studienteilnehmende

In allen drei Studien wurden die Proband/-innen anhand von vordefinierten Ein- und Ausschlusskriterien ausgewählt, welche sich ähnlich waren. Ein wesentlicher Unterschied stellten jedoch die eingeschlossenen GMFCS-Level der Studie von Anand und Karthikbabu (2021) dar. Die Studie zog, zusätzlich zu den GMFCS-Level I&II, das GMFCS-Level III mit ein. Dadurch erhält diese Studie eine grössere Generalisierbarkeit, da die Studienresultate auf eine grössere Population übertragen werden können (Mad et al., 2008). Jedoch integrierte diese Studie demzufolge schwerer betroffene Kinder, was die Ergebnisse nicht direkt mit den anderen beiden Studien vergleichen lässt. Denn gemäss Anand und Karthikbabu (2021) weisen Kinder mit dem GMFCS-Level I&II eine bessere Lungenfunktion und Mobilität auf als Kinder mit GMFCS-Level III. Die GMFCS-Level I&II hingegen waren in allen Studien in ähnlicher Anzahl vertreten.

Eine weitere Differenz weist die Studie von Kepenek-Varol et al. (2021) auf, da sie als einzige Studie nur Kinder mit hemiplegischer CP miteinbezog. Gemäss Y. H. Kwon und Lee (2013) weisen Patient/-innen mit diplegischer CP eine geringere Lungenfunktion und Atemmuskulaturkraft auf als Patient/-innen mit hemiplegischer CP. Demnach sind die Ergebnisse dieser Studie nicht auf Kinder anderer CP-Formen übertragbar. Zudem erschwert dies die Vergleichbarkeit der Resultate dieser Studie zu den anderen zwei Studien.

Als Ausschlusskriterium nannten die Studien von Kepenek-Varol et al. (2021) und Keles et al. (2018) eine orthopädische Operation eines/r Proband/-in innerhalb der letzten sechs Monate. Die Studie von Anand und Karthikbabu (2021) limitierte diesen Zeitraum auf die letzten drei Monate. Dies könnte zur Folge gehabt haben, dass die

Proband/-innen dieser Studie einen schlechteren physischen Zustand aufwiesen, als die Teilnehmer/-innen der anderen zwei Studien. Als weiteren Punkt zählte die Studie von von Kepenek-Varol et al. (2021) Lungenerkrankungen als einzige Studie nicht in den Ausschlusskriterien auf. Dies lässt den pulmonalen Zustand der Teilnehmer/-innen in Frage stellen.

Durch die erwähnten Ein- und Ausschlusskriterien konnten in den Studien zwischen 25 und 40 Teilnehmer/-innen rekrutiert werden. Die Verteilung des Geschlechts (Mädchen & Knaben) war in der Studie von Anand und Karthikbabu (2021) am unterschiedlichsten, wobei 26 Knaben und 14 Mädchen in der Stichprobe enthalten waren. Das Alter war in allen drei Studien ähnlich. Die maximale Spannweite des Alters betrug 7-16 Jahre.

Im Folgenden werden die Ausgangswerte der gemessenen Parameter zu Beginn der Studien miteinander verglichen. Die Proband/-innen der Studie von Anand und Karthikbabu (2021) wiesen zu Beginn der Studie tiefere Werte bezüglich des 6MWT, der Parameter der Lungenfunktion und der Atemmuskulatur auf, als die anderen zwei Studien. Dies kann damit zusammenhängen, dass diese auch Teilnehmer/-innen mit GMFCS-Level III in der Stichprobe hatten. Zudem wies diese Studie, wie oben erwähnt, in den Ausschlusskriterien einen kleineren Zeitraum zwischen Studienbeginn und der letzten orthopädischen Operation auf. Dies könnte auch einen Einfluss auf die schlechteren 6MWT Resultate gehabt haben. Die anderen zwei Studien waren sich bezüglich den meisten Parametern ähnlich. Es fällt auf, dass die Studie von Kepenek-Varol et al. (2021) die besten Werte bezüglich des 6MWT aufwies. Dies könnte darauf zurückgeführt werden, dass diese Studie nur hemiplegische Proband/-innen in die Studie einschloss. Zudem scheint die Tatsache, dass diese Studie Lungenerkrankungen nicht in den Ausschlusskriterien aufwies, keinen negativen Einfluss auf die Ausgangswerte der Lungenfunktion und Atemmuskulatur gehabt zu haben.

5.1.4. Studienresultate

Lungenfunktion: Bezüglich des FVC und FEV1 konnte in keiner der drei Studien, weder in der Kontroll- und der Interventionsgruppe, noch zwischen den Gruppen, eine signifikante Veränderung durch das Training mit dem «Threshold IMT»

beobachtet werden. Jedoch konnte in der Studie von Lee et al. (2014) durch «feedback respiratory training» mit dem «SpiroTiger» bei Kindern mit CP eine signifikante Verbesserung der Parameter FVC und FEV1 erreicht werden. Dies impliziert, dass die Parameter FVC und FEV1 durchaus durch IMT beeinflusst werden können, der «Threshold IMT» jedoch nicht das passende Atemtherapiegerät dafür zu sein scheint. Eine These der Autorinnen für die besseren Resultate des FVC und FEV1 durch «feedback respiratory training» ist, dass die Kinder durch das visuelle Feedback des Gerätes die Atemübungen präziser umsetzen konnten. Zudem trainiert der «SpiroTiger» durch das vertiefte Ein- und Ausatmen die Inspiration sowie Expiration, wohingegen der «Threshold IMT» nur der Kraftsteigerung der Inspirationsmuskeln dient (Göhl et al., 2016). Es scheint somit schlüssig, dass die expiratorischen Parameter FEV1 und FVC durch den «SpiroTiger» stärker beeinflusst werden.

Bei der Messung des PEF dagegen zeigten alle Studien eine signifikante Veränderung in der Interventionsgruppe. Bei den Studien von Kepenek-Varol et al. (2021) und Keles et al. (2018) konnte zusätzlich eine signifikante Veränderung in der Kontrollgruppe nachgewiesen werden. Eine signifikant grössere Veränderung des PEF in der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe konnte nur die Studie von Anand und Karthikbabu (2021) aufzeigen. Die Verbesserung des PEF durch IMT erklären sich die Autorinnen wie folgt: In der Studie von Morrow et al. (2019) konnte gezeigt werden, dass bei Kindern in Südafrika mit neuromuskulären Krankheiten der PEF signifikant mit dem *Hustenspitzenfluss (PCF)* korreliert. Die Studie von J. H. Park et al. (2010) wiederum wies nach, dass bei Patienten mit *Amyotropher Lateralsklerose, zervikaler Rückenmarksverletzung und Duchenne Muskeldystrophie* der MEP und MIP signifikant mit dem PCF korrelieren. Auch wenn diese Studien nicht spezifisch Kinder mit CP untersuchten, handelte es sich bei den Proband/-innen trotzdem um Personen mit *neuromuskulären Erkrankungen*, welche typischerweise durch ihre krankheitsbedingte allgemeine Muskelschwäche auch eine Atemmuskelschwäche aufweisen (Morrow et al., 2019). Da dies auch bei Kindern mit CP ein zentrales Symptom ist, gehen die Autorinnen davon aus, dass möglicherweise auch bei Patient/-innen mit CP der PEF mit dem PCF korreliert und dieser wiederum mit dem MEP und MIP in Verbindung stehen könnte. Somit könnte

abgeleitet werden, dass bei den Studien von Kepenek-Varol et al. (2021) und Keles et al. (2018) der MEP und MIP signifikant verbessert wurden und dies die Verbesserung des PEFs auslöste. Diese Herleitung erklärt jedoch die signifikante Veränderung des PEFs in der Studie von Anand und Karthikbabu (2021) nicht, zumal sich dort der MEP und MIP nicht veränderten.

Atemmuskelkraft: Während bei den Studien von Kepenek-Varol et al. (2021) und Keles et al. (2018) eine signifikante Verbesserung des MIP und MEP in der Interventions-, sowie in der Kontrollgruppe festgestellt werden konnte, zeigt die Studie von Anand und Karthikbabu (2021) keine signifikante Veränderung dieser Parameter in beiden Gruppen. Auffallend hierbei ist, dass der MIP und MEP in den beiden Studien, welche sieben Tage die Woche, zweimal pro Tag für 15 Minuten, das Atemmuskultraining durchführten, positiv beeinflusst wurden. In der Studie von Anand und Karthikbabu (2021), welche lediglich drei Tage die Woche für 15 Minuten mit dem «Threshold IMT» trainierte und somit unter der empfohlenen Trainingshäufigkeit von Göhl et al. (2016) lag, konnten der MIP und MEP jedoch nicht verändert werden. Zusammenfassend scheinen die Parameter MIP und MEP also nur durch IMT mit dem «Threshold IMT» positiv beeinflussbar, sofern eine genug hohe Trainingsintensität angewendet wird.

Eine zusätzlich signifikant grössere Veränderung der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe konnte die Studie von Keles et al. (2018) bezüglich des MIP und die Studie von Kepenek-Varol et al. (2021) bezüglich des MIP und MEP aufweisen. Die Zeitdauer, über welche das Training mit dem IMT durchgeführt wird, scheint anhand der Ergebnisse der Studien nicht relevant, da die Teilnehmenden bei Keles et al. (2018) über sechs Wochen trainierten und bei Kepenek-Varol et al. (2021) über acht Wochen, beide Studien jedoch signifikante Veränderungen in den Kontroll- und Interventionsgruppen aufwiesen. Es kann lediglich darüber spekuliert werden, ob die zwei Wochen des zusätzlichen Trainings einen Einfluss auf den MEP haben, welcher nur bei Kepenek-Varol et al. (2021) in der Interventionsgruppe signifikant grösser war als in der Kontrollgruppe. Die Verbesserung des MEP könnte jedoch massgeblich für Patient/-innen mit CP sein, da bei neuromuskulären Krankheiten durch ein höheres MEP ein höherer Hustenspitzenfluss und somit ein suffizienterer Hustenstoss produziert werden kann (J. H. Park et al., 2010). Dies ist

von erheblicher Wichtigkeit, da nach Choi et al. (2016) bei Kindern mit CP eine durch Muskelschwäche eingeschränkte Atemwegsreinigung zu Infektionen des respiratorischen Systems und somit zu erhöhter Mortalität und Morbidität führen kann.

Mobilität: Bei dem 6MWT kam es in der Studie von Anand und Karthikbabu (2021) zu keiner signifikanten Veränderung, weder in der Interventions- noch in der Kontrollgruppe. Auffällig dabei ist, dass diese Studie als einzige Proband/-innen mit GMFCS Level III einbezog. Somit beinhaltete die Studie Proband/-innen, welche von Beginn an eine schlechtere Mobilität hatten. Dies konnte auch bei den anfänglichen Werten des 6MWT gesehen werden, welche bei dieser Studie im Vergleich zu den beiden anderen Studien tiefer war. Da nach Y. H. Kwon und Lee (2014) das Level des GMFCS mit der Lungenfunktion und der Atemmuskelkraft zusammenhängt, kann davon ausgegangen werden, dass die Proband/-innen somit auch einen schlechteren pulmonalen Zustand aufwiesen. Die Autorinnen vermuten, dass die Proband/-innen durch ihren schlechteren Krankheitszustand weniger Potential für Verbesserungen hatten. Jedoch konnte keine Studie gefunden werden, die diesen Zusammenhang untersuchte.

Im Gegensatz zu Anand Karthikbabu (2021) hatten die Studien von Kepenek-Varol et al. (2021) und Keles et al. (2018) signifikante Verbesserungen des 6MWT in ihren Interventionsgruppen und Kepenek-Varol et al. (2021) auch in der Kontrollgruppe. Jedoch konnte nur die Studie von Keles et al. (2018) auch eine signifikante Verbesserung der Interventionsgruppe im Vergleich zu der Kontrollgruppe aufweisen. Kepenek-Varol et al. (2021) begründeten in ihrer Studie die fehlende signifikante Verbesserung des 6MWT der Interventionsgruppe im Vergleich zu der Kontrollgruppe damit, dass der 6MWT vor allem durch das Gleichgewichtstraining mit dem BBS verbessert worden sei. Da in der Studie beide Gruppen dieses Gleichgewichtstraining absolvierten, wiesen auch beide Gruppen eine signifikante Verbesserung des Gleichgewichts, der posturalen Stabilität und somit auch des 6MWT auf. Unterstützt wird diese Annahme durch die Studie von Massaad et al. (2006), welche besagt, dass Probleme des Gleichgewichts und der posturalen Kontrolle zu den häufigsten Gründen für Gangstörungen bei Kindern mit CP gehören und der Studie von Abd El-Kafy und El-Basatiny (2014), bei der durch Training mit

dem BBS das Gleichgewicht und die Gehfähigkeit von Kindern mit CP verbessert wurde. Da in der Studie von Keles et al. (2018) jedoch kein Gleichgewichtstraining durchgeführt wurde und trotzdem signifikante Veränderungen des 6MWT in der Interventionsgruppe beobachtet werden konnten, lässt sich der Effekt des IMTs auf den 6MWT nicht ausschliessen.

5.2. Limitationen dieser Arbeit

Im Folgenden werden einige Limitationen dieser Arbeit erläutert.

Da bei der Literaturrecherche nur nach deutschen und englischen Studien gesucht wurde, kann es sein, dass dadurch aussagekräftige Studien ausgeschlossen wurden. Des Weiteren konnten aufgrund spezifischer Ein- und Ausschlusskriterien nur eine geringe Anzahl an passenden Studien gefunden werden. Demnach wurden nur drei Hauptstudien eingeschlossen, welche alle Einschlusskriterien erfüllten. Es muss jedoch erwähnt werden, dass zum Themenbereich dieser Fragestellung keine grosse Auswahl an neueren Studien besteht.

Die Vergleichbarkeit der drei Studien war insgesamt gut, da alle Studien das gleiche Studiendesign aufweisen und bezüglich der PEDro-Skala eine ähnlich gute Beurteilung erhielten. Auch die durchgeführten Interventionen waren sich bis auf geringfügige Unterschiede ähnlich. Eine Limitation, die bezüglich der eingeschlossenen Studien genannt werden kann, bezieht sich auf die Heterogenität der Studienteilnehmer/-innen bezüglich der GMFCS-Levels und CP-Formen, sowie die mangelhafte Verblindung einzelner Studien.

Insgesamt kann gesagt werden, dass diese Arbeit eine Antwort auf eine sehr spezifische Fragestellung gibt und dadurch genaue Empfehlungen an die Praxis abgegeben werden können. Demzufolge ist jedoch die Generalisierbarkeit der Resultate gering.

6. Theorie-Praxis Transfer

Die Ergebnisse dieser Bachelorarbeit lassen darauf schliessen, dass inspiratorisches Atemmuskeltraining mit dem «Threshold IMT» Parameter der Lungenfunktion (PEF), Atemmuskelkraft (MEP, MIP) und Mobilität (6MWT) von Kindern mit CP verbessern kann.

Das Atemmuskeltraining sollte während acht Wochen an jedem Tag zweimal für 15 Minuten durchgeführt werden. Von den untersuchten Studien kann abgeleitet werden, dass mit einer Trainingsdauer von acht Wochen und der erwähnten Trainingsintensität die grössten Erfolge erzielt werden können. Bei der begleitenden Physiotherapie kann konventionelle Physiotherapie mit Einbezug von Gleichgewichtstraining mit den BBS Übungen empfohlen werden. Es konnte gezeigt werden, dass BBS einen positiven Einfluss auf das Gleichgewicht und die Gehfähigkeit haben kann, wodurch die Mobilität von Kindern mit CP zusätzlich verbessert wird.

Der «Threshold IMT» eignet sich gut für ein Training der Parameter MEP und MIP der Atemmuskelkraft, jedoch nicht der Parameter FEV1 und FVC der Lungenfunktion. Zudem kann er in seiner Umsetzung repetitiv und monoton sein. Bei der Umsetzung des Trainings erwähnte die Studie von Anand und Karthikbabu (2021), dass die Kinder wiederholend zur Durchführung des Atemmuskeltrainings animiert werden mussten. Falls das Hauptziel des Atemmuskeltrainings eine Verbesserung von expiratorischen Lungenfunktionsparametern, wie dem FEV1 und FVC, ist, sollte der «SpiroTiger» anstelle des «Threshold IMT» benutzt werden. Zudem scheint dieses Atemgerät besser geeignet für Kinder, die schwer zu motivieren sind oder visuelle Unterstützung bei der Durchführung des Atemtrainings brauchen.

7. Schlussfolgerung

In diesem Kapitel wird der Bezug zur Fragestellung hergestellt und weiterführender Forschungsbedarf wird aufgezeigt.

7.1. Bezug zur Fragestellung

Das Ziel dieser Arbeit war die Beantwortung der folgenden Frage:

«Welchen Einfluss hat inspiratorisches Atemmuskeltraining mit dem «Threshold IMT» bei Kindern mit Zerebralparese auf Parameter der Lungenfunktion, der Atemmuskelkraft und der Mobilität, gemessen an FVC, FEV1, PEF, MEP, MIP und 6MWT?»

Durch die Auswertung von drei passenden Studien konnte herausgefunden werden, dass IMT einen positiven Einfluss auf die Atemmuskelkraft, die Mobilität und auf einen Parameter der Lungenfunktion hat. Dies konnte aufgezeigt werden, da zwei Studien eine signifikante Verbesserung des MIP, MEP und des 6MWT aufgewiesen haben. Bezüglich der Parameter der Lungenfunktion scheint durch IMT mit dem «Threshold IMT» nur der PEF signifikant verbessert zu werden. Die anderen Parameter der Lungenfunktion wurden in keiner der drei Studien signifikant beeinflusst.

7.2. Weiterführende Forschung

Um fundiertere Aussagen zu der Wirksamkeit von Atemmuskeltraining auf die untersuchten Parameter zu treffen, werden weitere Studien mit grösserer Anzahl an Proband/-innen benötigt. Dabei wären auch Studien, welche die Effektivität des “Threshold IMT” mit anderen Atemtherapiegeräten vergleichen, interessant. Eine zusätzliche Möglichkeit für eine weiterführende Studie wäre die Durchführung von IMT mit «*audio-visual biofeedback*», welches mit «*gamification*» verbunden wird. Dies könnte die Anwendung des «Threshold IMT» weniger monoton und attraktiver für Kinder gestalten.

Da Erkrankungen des respiratorischen Systems der häufigste Grund für Spitaleinweisungen bei Kindern und Jugendlichen mit CP sind (Blackmore et al., 2019), wäre es zudem interessant, eine Studie durchzuführen, welche die Proband/-

innen über längere Zeit begleitet und dabei die Auswirkungen der Atemtherapie auf Atemwegsinfektionen und die Anzahl der Hospitalisationen eruiert. Zusätzlich könnte damit herausgefunden werden, ob IMT bei Kindern mit CP über längere Zeit geringere Kosten für das Gesundheitssystem generiert. Des Weiteren könnte untersucht werden, ob dadurch die Lebensqualität der Kinder und deren Angehörigen verbessert werden kann.

Literaturverzeichnis

- Abd El-Kafy, E. M., & El-Basatiny, H. M. Y. M. (2014). Effect of Postural Balance Training on Gait Parameters in Children with Cerebral Palsy. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 93(11), 938–947.
<https://doi.org/10.1097/PHM.000000000000109>
- Anand, B., & Karthikbabu, S. (2021). Effects of additional inspiratory muscle training on mobility capacity and respiratory strength for school-children and adolescents with cerebral palsy: A randomized controlled trial. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 25(6), 891–899.
<https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2021.10.006>
- Anderssohn, T. (2001). *Muskuläre Hypotonie—Medizinische und heilpädagogische Aspekte*. GRIN Verlag. <https://www.grin.com/document/99409>
- Atemtrainer-Set YPSI*. (o. J.). atemtrainer.ch. Abgerufen 22. Juni 2022, von <https://atemtrainer.ch/produkt/atemtrainer-set-ypsi/>
- Atemzentrum*. (o. J.). Atemschutzlexikon. Abgerufen 14. Juli 2022, von <https://atemschutzlexikon.com/lexikon/lexikon-a/atemzentrum/2020/>
- Atia, D. T., & Tharwat, M. M. (2021). Effect of incentive spirometer exercise combined with physical therapy on pulmonary functions in children with cerebral palsy. *International Journal of Therapy and Rehabilitation*, 28(1), 1–8.
<https://doi.org/10.12968/ijtr.2020.0072>
- Bax, M., Goldstein, M., Rosenbaum, P., Leviton, A., Paneth, N., Dan, B., Jacobsson, B., Damiano, D., & Executive Committee for the Definition of Cerebral Palsy. (2005). Proposed definition and classification of cerebral palsy, April 2005.

Developmental Medicine and Child Neurology, 47(8), 571–576.

<https://doi.org/10.1017/s001216220500112x>

Bennett, S., Siritaratiwat, W., Tanrangka, N., Bennett, M. J., & Kanpittaya, J. (2019).

Diaphragmatic mobility in children with spastic cerebral palsy and differing motor performance levels. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 266, 163–170. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2019.05.010>

Bennett, S., Siritaratiwat, W., Tanrangka, N., Bennett, M. J., & Kanpittaya, J. (2021).

Effectiveness of the manual diaphragmatic stretching technique on respiratory function in cerebral palsy: A randomised controlled trial. *Respiratory Medicine*, 184, Artikel 106443. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2021.106443>

Benson, M., Fixsen, J., Macnicol, M., & Parsch, K. (2010). *Children's Orthopaedics and Fractures* (3. Auflage). Springer Science & Business Media.

Bhakti, K. P. (o. J.). *Ventilatorische Insuffizienz*. MSD Manual - Ausgabe für

medizinische Fachkreise. Abgerufen 17. Juli 2022, von

<https://www.msmanuals.com/de/profi/intensivmedizin/respiratorische-insuffizienz-und-maschinelle-beatmung/ventilationsinsuffizienz?autoredirectid=18856>

Blackmore, A. M., Gibson, N., Cooper, M. S., Langdon, K., Moshovis, L., & Wilson, A.

C. (2019). Interventions for management of respiratory disease in young people with cerebral palsy: A systematic review. *Child: Care, Health and Development*, 45(5), 754–771. <https://doi.org/10.1111/cch.12703>

Boel, L., Pernet, K., Toussaint, M., Ides, K., Leemans, G., Haan, J., Van

Hoorenbeeck, K., & Verhulst, S. (2019). Respiratory morbidity in children with

- cerebral palsy: An overview. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 61(6), 646–653. <https://doi.org/10.1111/dmcn.14060>
- Bösch, D. (2014). *Lunge und Atemwege* (J. Steffel & T. Lüscher, Hrsg.). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-28223-2>
- Bösch, Dr. med. D., & Criée, C.-P. (2020). *Lungenfunktionsprüfung: Durchführung – Interpretation - Befundung* (4. Auflage). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-55974-1>
- Brennan, M., McDonnell, M. J., Duignan, N., Gargoum, F., & Rutherford, R. M. (2022). The use of cough peak flow in the assessment of respiratory function in clinical practice- A narrative literature review. *Respiratory Medicine*, 193(106740), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2022.106740>
- Choi, J. Y., Rha, D., & Park, E. S. (2016). Change in Pulmonary Function after Incentive Spirometer Exercise in Children with Spastic Cerebral Palsy: A Randomized Controlled Study. *Yonsei Medical Journal*, 57(3), 769. <https://doi.org/10.3349/ymj.2016.57.3.769>
- Day, S. J., & Altman, D. G. (2000). Blinding in clinical trials and other studies. *BMJ*, 321(7259), 504. <https://doi.org/10.1136/bmj.321.7259.504>
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining „gamification“. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, 9–15. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- Diaphragma: Lage, Aufbau, Gefäße und Funktion*. (2016, Mai 23). Lecturio Magazin. <https://www.lecturio.de/magazin/diaphragma/>

- Die Basalganglien.* (o. J.). Gehirn und Lernen. Abgerufen 25. Juli 2022, von <https://www.gehirnlernen.de/gehirn/das-großhirn/die-basalganglien/>
- Diemer, J. (2012). *DUDEN - Wörterbuch medizinischer Fachbegriffe* (9. Auflage). Dudenverlag.
- Döderlein, L. (2015). *Infantile Zerebralparese* (2. Auflage). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-35319-2>
- Downey, A. E., Chenoweth, L. M., Townsend, D. K., Ranum, J. D., Ferguson, C. S., & Harms, C. A. (2007). Effects of inspiratory muscle training on exercise responses in normoxia and hypoxia. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, *156*(2), 137–146. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2006.08.006>
- Duchenne Muskeldystrophie. (o. J.). *USZ - Universitätsspital Zürich*. Abgerufen 16. April 2023, von <https://www.usz.ch/krankheit/duchenne-muskeldystrophie/>
- El Banna, E. H., El Hadidy, E. I., & Ali, W. M. (2020). Effect of respiratory therapy on pulmonary functions in children with cerebral palsy: A systematic review. *Bulletin of Faculty of Physical Therapy*, *25*(18), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s43161-020-00016-6>
- Enright, S., Unnithan, V., Heward, C., Withnall, L., & Davies, D. (2006). Effect of high-intensity inspiratory muscle training on lung volumes, diaphragm thickness, and exercise capacity in subjects who are healthy. *Physical therapy*, *86*(3), 345–354. <https://doi.org/10.1093/PTJ/86.3.345>
- Fanck, B. (2022, April 25). *Graue und weiße Substanz*. Kenhub. Abgerufen 25. Juli 2022, von <https://www.kenhub.com/de/library/anatomie/graue-und-weisse-substanz>

- Gerrer, F. (o. J.). *Hypokinese*. medizin kompakt. Abgerufen 17. Juli 2022, von <https://www.medizin-kompakt.de/hypokinese>
- Giebel, J. (o. J.). *Lungenparenchym*. Pschyrembel Online. Abgerufen 5. August 2022, von <https://www.pschyrembel.de/Lungenparenchym/B0F52>
- Göbel, A. (o. J.). *Definition des Adjektivs kortikal*. Netzverb. Abgerufen 19. Juli 2022, von <https://www.verben.de/adjektive/kortikal.htm>
- Göhl, O., Walker, D. J., Walterspacher, S., Langer, D., Spengler, C. M., Wanke, T., Petrovic, M., Zwick, R.-H., Stieglitz, S., Glöckl, R., Dellweg, D., & Kabitz, H.-J. (2016). Atemmuskeltraining: State-of-the-Art [Respiratory Muscle Training: State of the Art]. *Pneumologie*, *70*(1), 37–48. <https://doi.org/10.1055/s-0041-109312>
- Guyatt, G. H., Sullivan, M. J., Thompson, P. J., Fallen, E. L., Pugsley, S. O., Taylor, D. W., & Berman, L. B. (1985). The 6-minute walk: A new measure of exercise capacity in patients with chronic heart failure. *Canadian Medical Association Journal*, *132*(8), 919–923.
- Hailer, N. (o. J.). *Rückenmark*. Lexikon Orthopädie und Unfallchirurgie. Abgerufen 17. Juli 2022, von <http://www.lexikon-orthopaedie.com/pdx.pl?dv=0&id=01723>
- Hegenscheidt, S., Harth, A., & Scherfer, E. (2010). *PEDro-Skala*. <https://pedro.org.au/german/resources/pedro-scale/>
- Hirnrinde*. (o. J.). Spektrum.de. Abgerufen 25. Juli 2022, von <https://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/hirnrinde/5521>
- Holland, A. E., Spruit, M. A., Troosters, T., Puhan, M. A., Pepin, V., Saey, D., McCormack, M. C., Carlin, B. W., Sciruba, F. C., Pitta, F., Wanger, J.,
- Bärtschi Noé, Frey Alina

- MacIntyre, N., Kaminsky, D. A., Culver, B. H., Reville, S. M., Hernandez, N. A., Andrianopoulos, V., Camillo, C. A., Mitchell, K. E., ... Singh, S. J. (2014). An official European Respiratory Society/American Thoracic Society technical standard: Field walking tests in chronic respiratory disease. *European Respiratory Journal*, 44(6), 1428–1446.
<https://doi.org/10.1183/09031936.00150314>
- Huch, R., & Jürgens, K. D. (Hrsg.). (2019). *Mensch Körper Krankheit* (8. Auflage). Urban & Fischer (Elsevier).
- Jüni, P., Altman, D. G., & Egger, M. (2001). Systematic reviews in health care: Assessing the quality of controlled clinical trials. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 323(7303), 42–46. <https://doi.org/10.1136/bmj.323.7303.42>
- Kalla, G., & Gomola, M. (o. J.). *Diplegie*. CareWork. Abgerufen 14. Juli 2022, von <https://www.24stundenbetreut.com/pflegelexikon/diplegie/>
- Karunaharamoorthy, A. (2022, April 1). *Die Interkostalmuskulatur*. Kenhub. Abgerufen 17. Juli 2022, von <https://www.kenhub.com/de/library/anatomie/die-interkostalmuskulatur>
- Keles, M. N., Elbasan, B., Apaydin, U., Aribas, Z., Bakirtas, A., & Kokturk, N. (2018). Effects of inspiratory muscle training in children with cerebral palsy: A randomized controlled trial. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 22(6), 493–501. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2018.03.010>
- Kepenek-Varol, B., Gürses, H. N., & İçağasioğlu, D. F. (2021). Effects of Inspiratory Muscle and Balance Training in Children with Hemiplegic Cerebral Palsy: A

Randomized Controlled Trial. *Developmental Neurorehabilitation*, 25(1), 1–9.

<https://doi.org/10.1080/17518423.2021.1905727>

Kleinhirnbahnen. (o. J.). Spektrum.de. Abgerufen 19. Juli 2022, von

<https://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/kleinhirnbahnen/6508>

Klinische Symptomatik—Wie bemerkt man eine Schluckstörung? (o. J.). Das

Dysphagiezentrum - Zentrum für Diagnostik und Therapie bei

Schluckstörungen. Abgerufen 5. August 2022, von [https://www.das-](https://www.das-dysphagiezentrum.de/schuckstoerung.html)

[dysphagiezentrum.de/schuckstoerung.html](https://www.das-dysphagiezentrum.de/schuckstoerung.html)

Krägeloh-Mann, I. (2019). Zerebralpareesen. In C. P. Speer, M. Gahr, & J. Dötsch

(Hrsg.), *Pädiatrie* (5. Auflage, S. 195–198). Springer Berlin Heidelberg.

<https://doi.org/10.1007/978-3-662-57295-5>

Kwon, H.-Y., & Kim, B.-J. (2018). Correlation between the dimensions of diaphragm movement, respiratory functions and pressures in accordance with the gross motor function classification system levels in children with cerebral palsy.

Journal of Exercise Rehabilitation, 14(6), 998–1004.

<https://doi.org/10.12965/jer.1836422.211>

Kwon, Y. H., & Lee, H. Y. (2013). Differences of the Truncal Expansion and

Respiratory Function between Children with Spastic Diplegic and Hemiplegic

Cerebral Palsy. *Journal of Physical Therapy Science*, 25(12), 1633–1635.

<https://doi.org/10.1589/jpts.25.1633>

Kwon, Y. H., & Lee, H. Y. (2014). Differences of Respiratory Function According to

Level of the Gross Motor Function Classification System in Children with

- Cerebral Palsy. *Journal of Physical Therapy Science*, 26(3), 389–391.
<https://doi.org/10.1589/jpts.26.389>
- Lachin, J. M. (2000). Statistical considerations in the intent-to-treat principle. *Controlled Clinical Trials*, 21(3), 167–189. [https://doi.org/10.1016/s0197-2456\(00\)00046-5](https://doi.org/10.1016/s0197-2456(00)00046-5)
- Lee, H. Y., Cha, Y. J., & Kim, K. (2014). The effect of feedback respiratory training on pulmonary function of children with cerebral palsy: A randomized controlled preliminary report. *Clinical Rehabilitation*, 28(10), 965–971.
<https://doi.org/10.1177/0269215513494876>
- Leunkeu, A. N., Shephard, R. J., & Ahmaidi, S. (2012). Six-Minute Walk Test in Children With Cerebral Palsy Gross Motor Function Classification System Levels I and II: Reproducibility, Validity, and Training Effects. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 93(12), 2333–2339.
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2012.06.005>
- Ludolph, A. C. (2016). Amyotrophe Lateralsklerose und andere Motoneuronerkrankungen. In W. Hacke (Hrsg.), *Neurologie* (14. Auflage, S. 813–826). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-46892-0_33
- Mad, P., Felder-Puig, R., & Gartlehner, G. (2008). Randomisiert kontrollierte Studien. *Wiener Medizinische Wochenschrift*, 158(7–8), 234–239.
<https://doi.org/10.1007/s10354-008-0526-y>

- Mangold, S. (2013). *Evidenzbasiertes Arbeiten in der Physio- und Ergotherapie* (2. Auflage). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-40636-2>
- Marpole, R., Blackmore, A. M., Gibson, N., Cooper, M. S., Langdon, K., & Wilson, A. C. (2020). Evaluation and Management of Respiratory Illness in Children With Cerebral Palsy. *Frontiers in Pediatrics*, *8*(333), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fped.2020.00333>
- Massaad, F., van den Hecke, A., Renders, A., & Detrembleur, C. (2006). Influence of equinus treatments on the vertical displacement of the body's centre of mass in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, *48*(10), 813–818. <https://doi.org/10.1017/S0012162206001757>
- Maurer Ute. (2002). Ursachen der Zerebralparese und klassische Behandlungsmöglichkeiten. *Wiener Medizinische Wochenschrift*, *152*(1–2), 14–18. <https://doi.org/10.1046/j.1563-258x.2002.01111.x>
- Med. Wörterbuch—Hyperpnoe.* (o. J.). Abgerufen 17. Juli 2022, von <https://www.lungenemphysem-copd.de/informationen/definitionen/med-woerterbuch/hyperpnoe>
- Med. Wörterbuch—Normokapnie.* (o. J.). Abgerufen 17. Juli 2022, von <https://www.lungenemphysem-copd.de/informationen/definitionen/med-woerterbuch/normokapnie>
- Mettke, F. (o. J.). *Marklager.* Befunddolmetscher. Abgerufen 5. August 2022, von <https://befunddolmetscher.de/marklager>

Morbidität. (o. J.). Duden online. Abgerufen 8. Juli 2022, von

<https://www.duden.de/rechtschreibung/Morbiditaet>

Morrow, B. M., Angelil, L., Forsyth, J., Huisamen, A., Juries, E., & Corten, L. (2019).

The utility of using peak expiratory flow and forced vital capacity to predict poor expiratory cough flow in children with neuromuscular disorders. *The South African Journal of Physiotherapy*, 75(1), 1296.

<https://doi.org/10.4102/sajp.v75i1.1296>

Mortalität. (o. J.). Duden online. Abgerufen 8. Juli 2022, von

<https://www.duden.de/rechtschreibung/Mortalitaet>

Motoneuron. (o. J.). Bionity.com. Abgerufen 14. Juli 2022, von

<https://www.bionity.com/de/lexikon/Motoneuron.html>

Motorcortex. (o. J.). Spektrum.de. Abgerufen 25. Juli 2022, von

<https://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/motorcortex/7925>

Mottram, Carl D. (2018). *Ruppel's Manual of Pulmonary Function Testing* (11.

Auflage). Elsevier. <https://www.elsevier.com/books/ruppels-manual-of-pulmonary-function-testing/mottram/978-0-323-35625-1>

Neuhäuser, G. (2006). Zerebrale Bewegungsstörungen (infantile Zerebralparesen).

In F. C. Sitzmann (Hrsg.), *Pädiatrie* (3. Auflage, S. 733–735). Georg Thieme Verlag.

Obstruktiv. (o. J.). gesundheitsinformation.de. Abgerufen 17. Juli 2022, von

<https://www.gesundheitsinformation.de/glossar/obstruktiv.html>

Oskoui, M., Coutinho, F., Dykeman, J., Jetté, N., & Pringsheim, T. (2013). An update

on the prevalence of cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis.

Developmental Medicine & Child Neurology, 55(6), 509–519.

<https://doi.org/10.1111/dmcn.12080>

Paiva, D. N., Assmann, L. B., Bordin, D. F., Gass, R., Jost, R. T., Bernardo-Filho, M., França, R. A., & Cardoso, D. M. (2015). Inspiratory muscle training with threshold or incentive spirometry: Which is the most effective? *Revista Portuguesa de Pneumologia (English Edition)*, 21(2), 76–81.

<https://doi.org/10.1016/j.rppnen.2014.05.005>

Palisano, R., Rosenbaum, P., Walter, S., Russell, D., Wood, E., & Galuppi, B. (1997). Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 39(4), 214–223. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.1997.tb07414.x>

Park, E. S., Park, J. H., Rha, D.-W., Park, C. I., & Park, C. W. (2006). Comparison of the Ratio of Upper to Lower Chest Wall in Children with Spastic Quadriplegic Cerebral Palsy and Normally Developed Children. *Yonsei Medical Journal*, 47(2), 237–242. <https://doi.org/10.3349/ymj.2006.47.2.237>

Park, J. H., Kang, S.-W., Lee, S. C., Choi, W. A., & Kim, D. H. (2010). How Respiratory Muscle Strength Correlates with Cough Capacity in Patients with Respiratory Muscle Weakness. *Yonsei Medical Journal*, 51(3), 392.

<https://doi.org/10.3349/ymj.2010.51.3.392>

PEDro-Skala. (o. J.). PEDro. Abgerufen 25. Juli 2022, von

<https://pedro.org.au/german/resources/pedro-scale/>

Perinatal. (o. J.). Duden online. Abgerufen 15. Juli 2022, von

<https://www.duden.de/rechtschreibung/perinatal>

Periventrikulär. (o. J.). Befunddolmetscher. Abgerufen 17. Juli 2022, von

<https://befunddolmetscher.de/periventrikulaer>

Phrenikus. (o. J.). Duden online. Abgerufen 6. August 2022, von

<https://www.duden.de/rechtschreibung/Phrenikus>

Piper, W. (2013). *Innere Medizin* (2. Auflage). Springer Berlin Heidelberg.

<https://doi.org/10.1007/978-3-642-33108-4>

Porta, M. S., Greenland, S., Hernán, M., Silva, I. dos S., Last, J. M., & International Epidemiological Association (Hrsg.). (2014). *A dictionary of epidemiology* (Six edition). Oxford University Press.

Postnatal. (o. J.). Duden online. Abgerufen 15. Juli 2022, von

<https://www.duden.de/rechtschreibung/postnatal>

Posturale Kontrolle. (o. J.). Biologie Seite. Abgerufen 6. August 2022, von

https://www.biologie-seite.de/Biologie/Posturale_Kontrolle

POWERbreathe K5. (o. J.). atemtrainer.ch. Abgerufen 22. Juni 2022, von

<https://atemtrainer.ch/produkt/powerbreathe-k5/>

Pränatal. (o. J.). Duden online. Abgerufen 15. Juli 2022, von

<https://www.duden.de/rechtschreibung/prae natal>

Prä-Post-Design. (o. J.). marktforschung.de. Abgerufen 17. Juli 2022, von

<https://www.marktforschung.de/wiki-lexikon/marktforschung/Pr%C3%A4-Post-Design/>

Pulsoxymetrie und Blutgasanalyse. (o. J.). AMBOSS. Abgerufen 17. Juli 2022, von

https://www.amboss.com/de/wissen/Pulsoxymetrie_und_Blutgasanalyse

- Quanjer, P. H., Tammeling, G. J., Cotes, J. E., Pedersen, O. F., Peslin, R., & Yernault, J.-C. (1993). Lung volumes and forced ventilatory flows. *European Respiratory Journal*, 6(Suppl 16), 5–40.
<https://doi.org/10.1183/09041950.005s1693>
- Rosenbaum, P. L., Palisano, R. J., Bartlett, D. J., Galuppi, B. E., & Russell, D. J. (2008). Development of the Gross Motor Function Classification System for cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 50(4), 249–253.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2008.02045.x>
- Rückschlagventil. (o. J.). Beckmann-Fleige Hydraulik. Abgerufen 17. Juli 2022, von <https://www.bf-hydraulik.com/rueckschlagventil.html>
- Rutka, M., Adamczyk, W. M., & Linek, P. (2021). Effects of Physical Therapist Intervention on Pulmonary Function in Children With Cerebral Palsy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Physical Therapy*, 101(8), pzab129.
<https://doi.org/10.1093/ptj/pzab129>
- Rutte, R., & Sturm, S. (2018). *Atemtherapie* (3. Auflage). Springer Berlin Heidelberg.
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-54628-4>
- Salimi, M., Salimi, N., & Hochkirchen, B. (2020, April 3). *Medizinische Statistik und Testtheorie*. AMBOSS. Abgerufen 16. April 2023, von https://www.amboss.com/de/wissen/Medizinische_Statistik_und_Testtheorie
- Schoppmeyer, M. (o. J.). *Atemstromstärke*. Pschyrembel Online. Abgerufen 17. Juli 2022, von <https://www.pschyrembel.de/Atemstromst%C3%A4rke/B1B4D>
- Schulz, K. F., Chalmers, I., Hayes, R. J., & Altman, D. G. (1995). Empirical Evidence of Bias: Dimensions of Methodological Quality Associated With Estimates of

Treatment Effects in Controlled Trials. *JAMA*, 273(5), 408–412.

<https://doi.org/10.1001/jama.1995.03520290060030>

Schünke, M., Schulte, E., & Schumacher, U. (2018a). *Prometheus—Innere Organe* (5. Auflage). Georg Thieme Verlag. <https://doi.org/10.1055/b-006-149645>

Schünke, M., Schulte, E., & Schumacher, U. (2018b). *Prometheus—Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem* (5. Auflage). Georg Thieme Verlag.

Sieb, J. P., & Schrank, B. (2009). *Neuromuskuläre Erkrankungen*. W. Kohlhammer Verlag.

Slaich, V. (2009). *Cerebral Palsy*. Jaypee Brothers Medical Publishers.

Spirgi-Gantert, I., & Suppé, B. (Hrsg.). (2014). *FBL Klein-Vogelbach Functional Kinetics Die Grundlagen* (7. Auflage). Springer Berlin Heidelberg.

<https://doi.org/10.1007/978-3-642-41901-0>

Stavis, R. L. (2019). *Gestationsalter*. MSD Manual - Ausgabe für medizinische Fachkreise.

<https://www.msmanuals.com/de/profi/p%C3%A4diatrie/probleme-der-perinatalperiode/gestationsalter>

Surveillance of Cerebral Palsy in Europe. (2000). Surveillance of cerebral palsy in Europe: A collaboration of cerebral palsy surveys and registers. Surveillance of Cerebral Palsy in Europe (SCPE). *Developmental Medicine and Child Neurology*, 42(12), 816–824. <https://doi.org/10.1017/s0012162200001511>

Surveillance of Cerebral Palsy in Europe. (2002). Prevalence and characteristics of children with cerebral palsy in Europe. *Developmental Medicine & Child*

Neurology, 44(9), 633–640. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8749.2002.tb00848.x>

Terminologie. (o. J.). AMBOSS. Abgerufen 17. Juli 2022, von <https://www.amboss.com/de/wissen/Terminologie>

Tetraplegie. (o. J.). *DEUTSCHEFACHPFLEGE*. Abgerufen 15. Juli 2022, von <https://deutschefachpflege.de/wiki/tetraplegie/>

Tremor. (o. J.). *USZ - Universitätsspital Zürich*. Abgerufen 12. Juli 2022, von <https://www.usz.ch/krankheit/tremor/>

van Gestel, A. J. R., & Teschler, H. (2014). *Physiotherapie bei chronischen Atemwegs- und Lungenerkrankungen* (2. Auflage). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-43678-3>

Veränderungen des Muskeltonus. (o. J.). Thieme via medici. Abgerufen 19. Juli 2022, von <https://viamedici.thieme.de/lernmodul/9176664/4954762/ver%C3%A4nderungen+des+muskeltonus>

Verhagen, A. P., de Vet, H. C. W., de Bie, R. A., Kessels, A. G. H., Boers, M., Bouter, L. M., & Knipschild, P. G. (1998). The Delphi List: A Criteria List for Quality Assessment of Randomized Clinical Trials for Conducting Systematic Reviews Developed by Delphi Consensus. *Journal of Clinical Epidemiology*, 51(12), 1235–1241. [https://doi.org/10.1016/S0895-4356\(98\)00131-0](https://doi.org/10.1016/S0895-4356(98)00131-0)

Vorderhorn des Rückenmarks. (o. J.). Kenhub. Abgerufen 17. Juli 2022, von <https://www.kenhub.com/de/library/anatomie/vorderhorn-des-ruckenmarks>

Was ist Bio- bzw. NeuroFeedback? (o. J.). *DGBfb e.V.* Abgerufen 21. April 2023, von
<https://dgbfb.de/bio-neurofeedback/was-ist-bio-neurofeedback/>

Zerebral. (o. J.). Duden online. Abgerufen 17. Juli 2022, von
<https://www.duden.de/rechtschreibung/zerebral>

Zusatzverzeichnisse

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Inspiratorische Atemmuskulatur von ventral (mit freundlicher Genehmigung von Rutte & Sturm, 2018, S. 7)	19
Abbildung 2: Expiratorische Atemhilfsmuskulatur von ventral (mit freundlicher Genehmigung von Rutte & Sturm, 2018, S. 8)	20
Abbildung 3: Anwendung des Threshold IMT (mit freundlicher Genehmigung von Rutte & Sturm, 2018, S. 233).....	24
Abbildung 4: YSPI Atemtrainer-Set (mit freundlicher Genehmigung von Rutte & Sturm, 2018, S. 234)	25
Abbildung 5: Spiro-Tiger Medical (mit freundlicher Genehmigung von van Gestel & Teschler, 2014, S. 329)	25
Abbildung 6: Lungenkapazitäten (mit freundlicher Genehmigung von Rutte & Sturm, 2018, S. 19).....	27

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ätiologien der infantilen Zerebralparese (mit freundlicher Genehmigung von Döderlein, 2015, S. 42).....	12
Tabelle 2: Einteilung GMFCS nach Palisano et al. (1997) (Döderlein, 2015, S. 48-49) (eigene Darstellung)	16
Tabelle 3: Übersicht der Atemmuskulatur (Rutte & Sturm, 2018, S. 7-8) (eigene Darstellung).....	18
Tabelle 4: Trainingsparameter eines IMT Aufbauprogramms (mit freundlicher Genehmigung von Göhl et al., 2016, S. 39)	23
Tabelle 5: Übersichtstabelle verschiedener Funktionswerte der Lungenfunktionsprüfung zusammengestellt aus (Rutte & Sturm, 2018, S. 19-20) ¹ , (Piper, 2013, S. 186-187) ² und (Ruppel's Manual of Pulmonary Function Testing - 11th Edition, o. J, S. 168, 750, 755.) ³	28
Tabelle 6: Keywords auf Deutsch und Englisch mit den dazugehörigen Synonymen (eigene Darstellung)	31
Tabelle 7: Ein- und Ausschlusskriterien (eigene Darstellung).....	31
Tabelle 8: Übersicht der Suchrecherche (eigen Darstellung)	33
Tabelle 9: Übersicht der drei Hauptstudien (eigene Darstellung)	33
Tabelle 10: Ein- und Ausschlusskriterien der Studie von Anand und Karthikbabu (2021) (eigene Darstellung).....	35
Tabelle 11: Ein- und Ausschlusskriterien der Studie von Kepenek-Varol et al. (2021) (eigene Darstellung)	40
Tabelle 12: Ein- und Ausschlusskriterien der Studie von Keles et al. (2018) (eigene Darstellung).....	45
Tabelle 13: Titel, Studiendesign und Ziel der Studien (eigene Darstellung)	49
Tabelle 14: Population und Stichprobe der Studien (eigene Darstellung)	50
Tabelle 15: Datenerhebung, Intervention und Assessments der Studien (eigene Darstellung).....	54
Bärtschi Noé, Frey Alina	92

Tabelle 16: Statistische Analyse, Resultate, Schlussfolgerung und Limitationen der Studien (eigene Darstellung)	56
Tabelle 17: PEDro-Skala und Limitationen (eigene Darstellung).....	60

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
6MWT	6 Minute Walk Test; 6-Minuten-Gehtest
ADL	Activity of Daily Living; Aktivitäten des täglichen Lebens
ATS	American Thoracic Society
BBS	Biodex Balance System
BMI	Body-Mass-Index
CP	Cerebralparese; Zerebralparese; cerebral palsy
CPRP	Conventional Physiotherapy Rehabilitation Program; konventionelles physiotherapeutisches Rehabilitationsprogramm
ERS	European Respiratory Society
FEV1	Forced Expiratory Volume in 1 second; forciertes expiratorisches Volumen/Sekunde
FVC	Forced Vital Capacity; forcierte expiratorische Vitalkapazität
GMFCS	Gross Motor Function Classification System
ICP	Infantile Cerebralparese; infantile Zerebralparese; infantile cerebral palsy
IMT	Inspiratory Muscle Trainig; inspiratorisches Atemmuskeltraining
M.	Musculus (Muskel)
MEP	Maximal Expiratory Pressure; maximale Expirationskraft
MIP	Maximal Inspiratory Pressure; maximale Inspirationskraft
Mm.	Musculi (Muskeln)
NDT	Neurodevelopment Therapy; Neuroentwicklungstherapie
PEDro	Physiotherapy Evidence Database
PCF	Peak cough flow; Hustenspitzenfluss
PEF	Peak Expiratory Flow; maximaler expiratorischer Fluss
RCT	Randomized Controlled Trial; randomisiert kontrollierte Studie
SCPE	Surveillance of Cerebral Palsy in Europe

Danksagung

Wir bedanken uns ganz herzlich bei Herrn Riegler für seine hilfreiche und professionelle Unterstützung während dem Verfassen dieser Arbeit.

Gerne möchten wir uns auch bei unseren Eltern, [REDACTED], sowie [REDACTED] für das Gegenlesen und die wertvollen Anmerkungen bedanken.

Zudem sind wir für unserer Familie und Freunde dankbar, welche uns während dieser Zeit unterstützt haben.

Wortanzahl

Der deutsche Abstract umfasst 198 Wörter.

Der englische Abstract umfasst 193 Wörter.

Die gesamte Bachelorarbeit umfasst 11'421 Wörter.

Daraus ausgenommen sind: Titelblatt, Anmerkung, Abstract, Tabellen, Grafiken, sowie deren Beschriftung, Verzeichnisse, Danksagung, Wortanzahl, Glossar, Eigenständigkeitserklärung, sowie alle Anhänge.

Eigenständigkeitserklärung

«Wir erklären hiermit, dass wir die vorliegende Arbeit selbständig ohne Mithilfe Dritter und unter Benutzung der angegebenen Quellen verfasst haben.»

Datum und handschriftliche Unterschrift Studierende:

Zürich, 22.04.2023



Ort, Datum

Noé Bärtschi

Alina Frey

Anhang

I. Glossar

Begriff	Definition
Abdominal	«Am Bauch» (Spirgi-Gantert & Suppé, 2014, S.13).
Amyotrophe Lateralsklerose	«Die amyotrophe Lateralsklerose ist eine rasch voranschreitende, fokal beginnende, sich kontinuierlich über den Körper ausbreitende Degeneration des motorischen Nervensystems mit Untergang des 1. und 2. Motoneurons, die zu progressiven Paresen und Atrophien der Muskulatur führt» (Ludolph, 2016, S. 819).
Anterior	«Vorn liegend» (Spirgi-Gantert & Suppé, 2014, S. 13).
Aspiration	«Eindringen von Flüssigkeiten oder festen Stoffen in die Luftröhre od. Lunge beim Einatmen» (Diemer, 2012, S. 139).
Atelektasen	«Bronchialverschluss durch Tumor oder Fremdkörper, Narkose, Trauma (Sekretretention)» (Piper, 2013, S. 224).
Atemstromstärke	«Bewegtes Atemvolumen über einen definierten Zeitraum während der Inspiration und Expiration (Einheit: l/s). Die Atemstromstärke dient klinisch der Diagnose von obstruktiven Atemwegserkrankungen (siehe auch Fluss-Volumen-Kurve) und wird mit einem Spirometer gemessen. Die maximale Atemstromstärke wird als Peak-Flow bezeichnet» (Schoppmeyer, o. J.).

Atemzentrum	«Das Atemzentrum steuert die Atmung. Es befindet sich im verlängerten Rückenmark und hat die Aufgabe, die Atmung des Menschen seinem tatsächlichen Bedarf anzupassen» (<i>Atemzentrum</i> , o. J.).
Audio-visual biofeedback	«Bei der Biofeedback-Therapie werden die eigenen Körpersignale mit speziellen Messfühlern (Sensoren) gemessen und in Echtzeit den anwendenden Personen an einem Bildschirm (sichtbar) oder über Töne (hörbar) zurückgemeldet» („Was ist Bio- bzw. NeuroFeedback?“, o. J.).
Basalganglien	«Die Basalganglien sind eine Kerngruppe, die unterhalb der Großhirnrinde liegt und ebenfalls zum Großhirn gezählt wird. Sie spielt eine wichtige Rolle bei der Regulation der Motorik» (<i>Gehirn und Lernen - Die Basalganglien</i> , o. J.).
Borg-Skala	Mit der Borg-Skala wird die subjektive Belastung, d.h. Dyspnoeempfinden und muskuläre Anstrengung, ermittelt. Hierbei schätzt der/die Patient/-in das Anstrengungs- und Kurzatmigkeitsempfinden auf einer Skala von 0–10 selbst ein (0 ist »überhaupt nicht«, 10 ist »maximal«) (van Gestel & Teschler, 2014, S. 149).
Bronchiektasen	«Bronchiektasen sind irreversible sackförmige oder zylindrische Ausweitungen der Bronchien und Bronchiolen, die meist durch wiederholte Infektionen und Entzündungen, mit einhergehender Schädigung des Bronchialgewebes, verursacht sind» (D. Bösch, 2014, S. 58).
Chronisch obstruktive Lungenkrankheit (COPD)	«Die in der Regel vorliegende, meistens durch Zigarettenrauchen verursachte, Kombination von chronischer obstruktiver Bronchitis und Emphysem mit progredienter Atemflusslimitierung» (Piper, 2013, S. 206).

Diaphragma abdominale	«Bei dem Diaphragma (Zwerchfell) handelt es sich um eine etwa 5 mm dicke, kuppelförmige Muskelplatte zwischen Thorax (Brusthöhle) und Abdomen (Bauchraum), welche somit die untere Thoraxapertur verschließt» (<i>Diaphragma</i> , 2016).
Diplegie	«Bei einer Diplegie handelt es sich um eine doppelseitige Lähmung des unteren oder des oberen Körperabschnitts» (Kalla & Gomola, o. J.).
Drooling	«Wenn Speichel oder Nahrung wieder aus Mund oder Nase treten, spricht man vom Drooling» (<i>Klinische Symptomatik - Wie bemerkt man eine Schluckstörung?</i> , o. J.).
Drop-Out	Probanden, welche die Studie zwar beginnen, sie jedoch im Verlauf abbrechen (Mangold, 2013, S.72).
Duchenne Muskeldystrophie	«Die Duchenne Muskeldystrophie (DMD) ist eine seltene, fortschreitende Muskelerkrankung, die mit zunehmendem Muskelschwund einhergeht. Die Erkrankung beginnt im Kindesalter, schreitet langsam voran und verkürzt die Lebenserwartung erheblich. Sie ist genetisch bedingt und bislang nicht heilbar» („Duchenne Muskeldystrophie“, o. J.).
Exspiration	«Die Ausatmung» (Rutte & Sturm, 2018, S. 13).
Extension	«Streckung der Extremität» (<i>Terminologie</i> , o. J.).
Externe Validität	«Bei der externen Validität geht es um die Frage, ob die Ergebnisse generalisierbar sind, ob sie also nicht nur speziell für die untersuchte Gruppe mit den betreffenden Versuchspersonen gelten und ob sie praxisnah sind» (Mangold, 2013, S. 69).
Extrapyramidale Bahn	Die extrapyramidale Bahn ist für die unwillkürliche Bewegungssteuerung verantwortlich (Huch & Jürgens, 2019, S. 158).

Exzentrisch	Der Muskel verlängert sich (Spirgi-Gantert & Suppé, 2014, S. 23).
Gamification	Verwendung von Spiel-Design-Elementen in Nicht-Spiel-Kontexten (Deterding et al., 2011).
Gastroösophagealer Reflux (GERD)	«Eine gastroösophageale Refluxkrankheit liegt bei gesteigertem Reflux vor, der mit dem Risiko für organische Komplikationen und/oder Beeinträchtigung der Lebensqualität verbunden ist» (Piper, 2013, S. 337).
Gestationsalter	Die Anzahl der Wochen zwischen dem ersten Tag der letzten Periode der Mutter und dem Tag der Geburt (Stavis, 2019).
Graue Substanz	Die graue Substanz ist ein Gewebeanteil des zentralen Nervensystems (ZNS) und für die Reizaufnahme und -verarbeitung verantwortlich (Fanck, 2022).
Hirnrinde	«Die an der Peripherie des Großhirns (als Großhirnrinde) und des Kleinhirns (als Kleinhirnrinde) liegende graue Substanz; der Cortex des Gehirns» (<i>Hirnrinde</i> , o. J.).
Hyperkinese	«Antriebssteigerung, motorischer Reizzustand des Körpers mit Muskelzuckungen u. Überschussbewegungen» (Diemer, 2012, S. 371).
Hyperpnoe	«Vertiefte Atmung (klinisch)» (<i>med. Wörterbuch - Hyperpnoe</i> , o. J.).
Hypertonie (muskulär)	«Bei muskulärer Hypertonie besteht ein erhöhter Ruhetonus der Muskulatur» (<i>Veränderungen des Muskeltonus</i> , o. J.).
Hypokapnie	Eine Hypokapnie ist ein erniedrigter arterieller Kohlendioxidpartialdruck (Piper, 2013, S. 191).
Hypokinese	«Als Hypokinese bezeichnet man eine krankhaft verminderte Beweglichkeit oder einen Mangel an Spontanmotorik» (Gerrer, o. J.).

Hypotonie (muskulär)	«Unter muskulärer Hypotonie versteht man einen verminderten Muskelgrundtonus» (Anderssohn, 2001).
Hustenspitzenfluss	Der Hustenspitzenfluss misst den maximalen expiratorischen Fluss während der Kompressionsphase eines Hustens kurz nach der plötzlichen Öffnung der Glottis (Brennan et al., 2022).
Inspiration	«Die Einatmung» (Rutte & Sturm, 2018, S.12).
Intentionstremor	«Der Intentionstremor tritt bei der Annäherung eines Körperteils an ein Ziel auf» („Tremor“, o. J.).
«Intention to treat» Analyse	Diese Analyseart definiert, dass in den Fällen, in denen Probanden die zuge dachte Behandlung (oder Kontrollanwendung) nicht erhalten haben und in denen Ergebnismessungen möglich waren, die Messwerte so analysiert werden, als ob die Probanden die zuge dachte Behandlung (oder Kontrollanwendung) erhalten hätten. (<i>PEDro-Skala</i> , o. J.)
Interkostalmuskulatur	«Die Musculi intercostales sind eine Gruppe von autochthonen Brustwandmuskeln, die die Zwischenrippenräume verspannen. Zu ihnen gehören die Mm. Intercostales externi, Mm. Intercostales interni, Mm. Intercostales intimi» (Karunaharamoorthy, 2022).
Interne Validität	«Die interne Validität einer Studie betrifft deren methodische Qualität» (Mangold, 2013, S. 68).
Kleinhirnbahnen	Zusammenfassender Begriff für alle Bahnen, die das Kleinhirn über die Kleinhirnstiele erreichen bzw. verlassen (<i>Kleinhirnbahnen</i> , o. J.).
Kortikal	«Von der Gehirnrinde ausgehend; in der Gehirnrinde lokalisiert» (Göbel, o. J.).
Lateral	«Seitlich oder zur Seite, nach aussen rechts oder links» (Spirgi-Gantert & Suppé, 2014, S. 12).

Lungenparenchym	«Die Alveolarwände auskleidende, dem Gasaustausch dienende Epithelzellen» (Giebel, o. J.).
Marklager	Befindet sich unter der Hirnrinde des Grosshirns und des Kleinhirns und wird auch «weisse Substanz» genannt (Mettke, o. J.).
Morbidität	«Häufigkeit der Erkrankungen innerhalb einer Bevölkerungsgruppe» (<i>Morbidität</i> , o. J.).
Mortalität	«Verhältnis der Zahl der Todesfälle zur Zahl der statistisch berücksichtigten Personen» (<i>Mortalität</i> , o. J.).
Motoneuron	«Unter dem Begriff Motoneuron oder motorisches Neuron werden die efferenten Nervenbahnen zusammengefasst, die die Muskulatur des Körpers innervieren und daher für alle Bewegungsabläufe zuständig sind» (<i>Motoneuron</i> , o. J.).
Motorcortex	Der Motorcortex ist ein Teil der Großhirnrinde, von der die Willkürmotorik ausgeht (<i>Motorcortex</i> , o. J.).
Neuromuskuläre Krankheit	«Neuromuskuläre Erkrankungen sind Erkrankungen von Komponenten der motorischen Einheit» (Sieb & Schrank, 2009, S. 14).
Normokapnie	«Ein CO2 Partialdruck unter <45 mmHg im arteriellen Blutsystem» (<i>med. Wörterbuch - Normokapnie</i> , o. J.)
Obstruktiv	«Obstruktiv (obstructio, lat. = Verschluss) wird in der Medizin als Fachbegriff verwendet, um einen Verschluss oder eine Verengung von Gefäßen, Kanälen oder Hohlorganen (beispielsweise Speiseröhre, Darm) zu bezeichnen» (<i>obstruktiv</i> , o. J.).
Perinatal	«Den Zeitraum kurz vor, während und kurz nach der Entbindung betreffend, während dieser Zeit eintretend, in diesen Zeitraum fallend» (<i>perinatal</i> , o. J.).

Periventrikulär	«Periventrikulär ist ein Begriff zur Beschreibung der Lage und bedeutet "um den Ventrikel herum"» (<i>periventrikulär</i> , o. J.).
Phrenikus	«Zwerchfellnerv» (<i>Phrenikus</i> , o. J.).
Posterior	«Hinten liegend» (Spirgi-Gantert & Suppé, 2014, S. 13).
Postnatal	«Nach der Geburt (am, im Körper des Neugeborenen, der Mutter) auftretend; nachgeburtlich» (<i>postnatal</i> , o. J.).
Posturale Kontrolle	«Als Posturale Kontrolle wird das Vermögen des menschlichen Körpers bezeichnet, unter dem Einfluss der Schwerkraft eine aufrechte Körperposition beizubehalten» (<i>Posturale Kontrolle</i> , o. J.)
Pränatal	«Der Geburt vorausgehend» (<i>pränatal</i> , o. J.).
Pretest/Posttest Design	«Experimenteller Untersuchungsplan zur Prüfung von Maßnahmen auf Wirksamkeit: Prämessung – Einsatz der Maßnahme (Treatment) – Postmessung» (<i>Prä-Post-Design</i> , o. J.).
Pulsoxymetrie	«Nicht-invasives diagnostisches Verfahren zur Bestimmung der peripheren kapillären Sauerstoffsättigung (spO ₂) sowie der Pulsfrequenz mithilfe eines speziellen Spektralphotometers (sog. Pulsoxymeter)» (<i>Pulsoxymetrie und Blutgasanalyse</i> , o. J.).
Pyramidenbahn	Die Pyramidenbahn übermittelt die Steuerung der bewussten Bewegungen (Huch & Jürgens, 2019, S. 171).
Restriktiv	«Restriktion bedeutet verminderte Dehnbarkeit der Lunge oder der Brustwand» (Piper, 2013, S. 195).
Rückenmark	«Das Rückenmark ist Bestandteil des zentralen Nervensystems und verbindet über absteigende und aufsteigende Bahnen das Gehirn mit der Peripherie» (Hailer, o. J.).

Rückschlagventil	«Ein Rückschlagventil ist ein Ventil, das die Strömung des durchströmenden Mediums in lediglich eine Richtung zulässt» (<i>Rückschlagventil</i> , o. J.).
Schlafapnoe	«Als Schlafapnoe wird die intermittierende Unterbrechung des Atemstromes an Nase und Mund für mindestens 10 Sekunden bezeichnet. Die Dauer der Unterbrechung beträgt meisten 20-30 s und kann 2–3 min erreichen» (Piper, 2013, S. 198).
Sternum	«Das Brustbein» (Rutte & Sturm, 2018, S. 4).
Störfaktoren (Confounder)	«In der Studie nicht berücksichtigte Variable, die jedoch das Ergebnis beeinflussen kann» (Salimi et al., 2020).
Tetraplegie	«Die Tetraplegie ist eine komplette Lähmung (Plegie) aller vier Extremitäten und gehört zu den Formen der Querschnittslähmung» („Tetraplegie“, o. J.).
Thorax	«Der Brustkorb» (Rutte & Sturm, 2018, S. 4).
Ventilatorische Insuffizienz	«Ventilatorische Insuffizienz geht mit dem Anstieg des Paco ₂ (Hyperkapnie) einher, der dann eintritt, wenn der respiratorische Bedarf nicht länger aus eigener Kraft oder eigener Aktivität gedeckt werden kann» (Bhakti, o. J.).
Vorderhorn	«Das Vorderhorn (Cornu anterius medullae spinalis) ist der ventrale Anteil der grauen Substanz des Rückenmarks» (<i>Vorderhorn des Rückenmarks</i> , o. J.).
Weisse Substanz	Die weisse Substanz ist ein Gewebeanteil des zentralen Nervensystems (ZNS) und für die Reizweiterleitung verantwortlich (Fanck, 2022).
Zerebral	«Das Großhirn betreffend» (<i>zerebral</i> , o. J.).
Zervikal	«An der Halswirbelsäule» (Spirgi-Gantert & Suppé, 2014, S. 13).

II. Dokumentation der Literaturrecherche

Datenbank	Keywords	Treffer	Aussortiert n. Titel	Aussortiert n. Abstract	Aussortiert n. Text	Endgültige Treffer
CINAHL	(cerebral palsy OR cp OR spastic quadriplegia OR spastic quadriplegic cerebral palsy) AND (respiratory therapy or inspiratory therapy OR respiratory muscle training OR inspiratory muscle training OR IMT OR threshold IMT)	134 (zu viele Treffer)	-	-	-	-
CINAHL	(cerebral palsy OR cp OR spastic quadriplegia OR spastic quadriplegic cerebral palsy) AND (respiratory therapy OR inspiratory therapy OR respiratory muscle training OR inspiratory muscle training OR IMT OR threshold IMT) <i>+ Einschränkung Erscheinungsjahr: ab 2015</i>	37	33	1	0	3
CINAHL	(Cerebral palsy OR CP OR spastic cerebral pals OR infantile cerebral palsy OR spastic quadriplegia OR spastic quadriplegic cerebral palsy) AND (respiratory therapy OR inspiratory therapy OR respiratory muscle training OR inspiratory muscle training OR IMT OR threshold IMT) AND (lung function OR pulmonary function OR respiratory function)	13	8	1	1	3

CINAHL	(Cerebral palsy OR CP OR spastic cerebral pals OR infantile cerebral palsy OR spastic quadriplegia OR spastic quadriplegic cerebral palsy) AND (respiratory therapy OR inspiratory therapy OR respiratory muscle training OR inspiratory muscle training OR IMT OR threshold IMT) AND (lung function OR pulmonary function OR respiratory function) AND (mobility OR function OR 6MWT)	13	8	1	1	3
Cochrane	(Cerebral palsy OR CP OR spastic cerebral pals OR infantile cerebral palsy OR spastic quadriplegia OR spastic quadriplegic cerebral palsy) AND (respiratory therapy OR inspiratory therapy OR respiratory muscle training OR inspiratory muscle training OR IMT OR threshold IMT)	250 (zu viele Treffer)	-	-	-	-
Cochrane	(Cerebral palsy OR CP OR spastic cerebral pals OR infantile cerebral palsy OR spastic quadriplegia OR spastic quadriplegic cerebral palsy) AND (respiratory therapy OR inspiratory therapy OR respiratory muscle training OR inspiratory muscle training OR IMT OR threshold IMT) + Einschränkung Erscheinungsjahr: ab 2015	135	127	2	3	3

Cochrane	(Cerebral palsy OR CP OR spastic cerebral pals OR infantile cerebral palsy OR spastic quadriplegia OR spastic quadriplegic cerebral palsy) AND (respiratory therapy OR inspiratory therapy OR respiratory muscle training OR inspiratory muscle training OR IMT OR threshold IMT) AND (lung function OR pulmonary function OR respiratory function) AND (mobility OR function OR 6MWT)	77	67	6	1?	3
Pubmed	(Cerebral palsy OR CP OR spastic cerebral palsy OR infantile cerebral palsy OR spastic quadriplegia OR spastic quadriplegic cerebral palsy) AND (respiratory therapy OR inspiratory therapy OR respiratory muscle training OR inspiratory muscle training OR IMT OR threshold IMT) AND (lung function OR pulmonary function OR respiratory function) AND (mobility OR function OR 6MWT)	922 (zu viele Treffer)	-	-	-	-
Pubmed	(Cerebral palsy OR CP OR spastic cerebral palsy OR infantile cerebral palsy OR spastic quadriplegia OR spastic quadriplegic cerebral palsy) AND (respiratory therapy OR inspiratory therapy OR respiratory muscle training OR inspiratory muscle training OR IMT OR threshold IMT) AND (lung function OR pulmonary function OR respiratory	59	55	0	1	3

	function) AND (mobility OR function OR 6MWT) + <i>Einschränkung Erscheinungsjahr: ab 2010</i> + <i>Einschränkung Artikeltyp: RCT</i>					
Pubmed	(Cerebral palsy) AND (respiratory therapy OR inspiratory therapy OR respiratory muscle training OR inspiratory muscle training OR IMT OR threshold IMT) AND (lung function OR pulmonary function OR respiratory function) AND (mobility OR function OR 6MWT)	161	173	3	2	3
Web of Science	(Cerebral palsy OR CP OR spastic cerebral palsy OR infantile cerebral palsy OR spastic quadriplegia OR spastic quadriplegic cerebral palsy) AND (respiratory therapy OR inspiratory therapy OR respiratory muscle training OR inspiratory muscle training OR IMT OR threshold IMT)	1'580 (zu viele Treffer)	-	-	-	-
Web of Science	(Cerebral palsy OR CP OR spastic cerebral palsy OR infantile cerebral palsy OR spastic quadriplegia OR spastic quadriplegic cerebral palsy) AND (respiratory therapy OR inspiratory therapy OR respiratory muscle training OR inspiratory muscle training OR IMT OR threshold IMT) + <i>Einschränkung Erscheinungsjahr: ab 2015</i>	888 (zu viele Treffer)	-	-	-	-

Web of Science	(Cerebral palsy OR CP OR spastic cerebral palsy OR infantile cerebral palsy OR spastic quadriplegia OR spastic quadriplegic cerebral palsy) AND (respiratory therapy OR inspiratory therapy OR respiratory muscle training OR inspiratory muscle training OR IMT OR threshold IMT) AND (lung function OR pulmonary function OR respiratory function) AND (mobility OR function OR 6MWT)	283	276	3	1	3
Medline via Ovid	(Cerebral palsy OR CP OR spastic cerebral palsy OR infantile cerebral palsy OR spastic quadriplegia OR spastic quadriplegic cerebral palsy) AND (respiratory therapy OR inspiratory therapy OR respiratory muscle training OR inspiratory muscle training OR IMT OR threshold IMT)	2'778 (zu viele Treffer)	-	-	-	-
Medline via Ovid	(Cerebral palsy OR CP OR spastic cerebral palsy OR infantile cerebral palsy OR spastic quadriplegia OR spastic quadriplegic cerebral palsy) AND (respiratory therapy OR inspiratory therapy OR respiratory muscle training OR inspiratory muscle training OR IMT OR threshold IMT) + <i>Einschränkung Jahr: ab 2015</i>	1'237 (zu viele Treffer)	-	-	-	-

Medline via Ovid	(Cerebral palsy OR CP OR spastic cerebral palsy OR infantile cerebral palsy OR spastic quadriplegia OR spastic quadriplegic cerebral palsy) AND (respiratory therapy OR inspiratory therapy OR respiratory muscle training OR inspiratory muscle training OR IMT OR threshold IMT) AND (lung function OR pulmonary function OR respiratory function)	596 (zu viele Treffer)	-	-	-	-
Medline via ovid	(Cerebral palsy OR CP OR spastic cerebral palsy OR infantile cerebral palsy OR spastic quadriplegia OR spastic quadriplegic cerebral palsy) AND (respiratory therapy OR inspiratory therapy OR respiratory muscle training OR inspiratory muscle training OR IMT OR threshold IMT) AND (lung function OR pulmonary function OR respiratory function) AND (mobility OR function OR 6MWT)	10	7	1	0	2

III. PEDro-Skala der Studie von Anand und Karthikbabu (2021)

	Beurteilungskriterium	Ja/Nein	Textangabe
1.	Die Ein- und Ausschlusskriterien wurden spezifiziert	Ja	Kapitel «Participants», Zeile 4-14
2.	Die Teilnehmenden wurden den Gruppen randomisiert zugeordnet (im Falle von Crossover Studien wurde die Abfolge der Behandlungen den Teilnehmenden randomisiert zugeordnet)	Ja	Kapitel «Study design», Zeile 9-15
3.	Die Zuordnung zu den Gruppen erfolgte verborgen	Ja	Kapitel «Study design», Zeile 12-15
4.	Zu Beginn der Studie waren die Gruppen bzgl. der wichtigsten prognostischen Indikatoren einander ähnlich	Nein	Kapitel «Results», Zeile 11-19
5.	Alle Teilnehmenden waren geblindet	Nein	Nicht erwähnt
6.	Alle Therapeut/-innen, die eine Therapie durchgeführt haben, waren geblindet.	Nein	Nicht erwähnt
7.	Alle Untersucher/-innen, die zumindest ein zentrales Outcome gemessen haben, waren geblindet.	Ja	Kapitel «secondary outcome measures», Absatz 2, Zeile 14-19
8.	Von mehr als 85% der ursprünglich den Gruppen zugeordneten Teilnehmenden wurde zumindest ein zentrales Outcome gemessen	Ja	Siehe Abbildung 3
9.	Alle Teilnehmenden, für die Ergebnismessungen zur Verfügung standen, haben die Behandlung oder Kontrollanwendung bekommen wie zugeordnet oder es wurden, wenn dies nicht der Fall war, Daten für	Ja	Kapitel «Results», Zeile 6-10

	zumindest ein zentrales Outcome durch eine «intention to treat» Methode analysiert		
10.	Für mindestens ein zentrales Outcome wurden die Ergebnisse statistischer Gruppenvergleiche berichtet	Ja	Siehe Tabelle 2 & 3
11.	Die Studie berichtet sowohl Punkt- als auch Streuungsmaße für zumindest ein zentrales Outcome	Ja	Siehe Tabelle 2 & 3
Punkteanzahl insgesamt: 7/10 (<i>Item 1 wird bei der Gesamtpunktzahl nicht berücksichtigt</i>)			

IV. PEDro-Skala der Studie von Kepenek-Varol et al. (2021)

	Beurteilungskriterium	Ja/Nein	Textangabe
1.	Die Ein- und Ausschlusskriterien wurden spezifiziert	Ja	Kapitel «Subject and Settings», <i>Zeile 4-16</i>
2.	Die Teilnehmenden wurden den Gruppen randomisiert zugeordnet (im Falle von Crossover Studien wurde die Abfolge der Behandlungen den Teilnehmenden randomisiert zugeordnet)	Ja	Kapitel «Randomization», <i>Zeile 1-4</i>
3.	Die Zuordnung zu den Gruppen erfolgte verborgen	Ja	«Randomization», <i>Zeile 1-4</i> ; Kapitel «Results», <i>Zeile 1-5</i>
4.	Zu Beginn der Studie waren die Gruppen bzgl. der wichtigsten prognostischen Indikatoren einander ähnlich	Ja	Kapitel «Results», Absatz 1, <i>Zeile 8-21</i> & Absatz 2, <i>Zeile 6-9</i>
5.	Alle Teilnehmenden waren geblindet	Nein	Nicht erwähnt
6.	Alle Therapeut/-innen, die eine Therapie durchgeführt haben, waren geblindet	Nein	Kapitel: «Discussion», zweitletzter Absatz, <i>Zeile: 6-14</i> ; Kapitel «Intervention Programs», 1. Absatz, <i>Zeile 8-10</i>
7.	Alle Untersucher/-innen, die zumindest ein zentrales Outcome gemessen haben, waren geblindet	Nein	Kapitel «Randomization», <i>Zeile 8-10</i>
8.	Von mehr als 85% der ursprünglich den Gruppen zugeordneten Teilnehmenden wurde zumindest ein zentrales Outcome gemessen	Ja	Siehe Grafik 1

9.	Alle Teilnehmenden, für die Ergebnismessungen zur Verfügung standen, haben die Behandlung oder Kontrollanwendung bekommen wie zugeordnet oder es wurden, wenn dies nicht der Fall war, Daten für zumindest ein zentrales Outcome durch eine «intention to treat» Methode analysiert	Ja	Siehe Grafik 1
10.	Für mindestens ein zentrales Outcome wurden die Ergebnisse statistischer Gruppenvergleiche berichtet	Ja	Siehe Tabelle 2 & 3
11.	Die Studie berichtet sowohl Punkt- als auch Streuungsmaße für zumindest ein zentrales Outcome	Ja	Siehe Tabelle 2 & 3

Punkteanzahl insgesamt: 7/10 Punkte (*Item 1 wird bei der Gesamtpunktzahl nicht berücksichtigt*)

V. PEDro-Skala der Studie von Keles et al. (2018)

	Beurteilungskriterium	Ja/Nein	Textangabe
1.	Die Ein- und Ausschlusskriterien wurden spezifiziert	Ja	Kapitel «Participants», <i>Zeile 6-17</i>
2.	Die Teilnehmenden wurden den Gruppen randomisiert zugeordnet (im Falle von Crossover Studien wurde die Abfolge der Behandlungen den Teilnehmenden randomisiert zugeordnet)	Ja	Kapitel «Randomization and allocation», <i>Zeile 2-4</i>
	Die Zuordnung zu den Gruppen erfolgte verborgen	Ja	Kapitel «Randomization and allocation», <i>Zeile 4-7</i>
4.	Zu Beginn der Studie waren die Gruppen bzgl. der wichtigsten prognostischen Indikatoren einander ähnlich	Ja	Siehe Tabelle 1
5.	Alle Teilnehmenden waren geblindet	Ja	Kapitel «Intervention», <i>Zeile 11-12</i>
6.	Alle Therapeut/-innen, die eine Therapie durchgeführt haben, waren geblindet	Nein	Nicht erwähnt
7.	Alle Untersucher/-innen, die zumindest ein zentrales Outcome gemessen haben, waren geblindet	Ja	Kapitel «Randomization and allocation», <i>Zeile 1-2 & Zeile 7-9</i>
8.	Von mehr als 85% der ursprünglich den Gruppen zugeordneten Teilnehmenden wurde zumindest ein zentrales Outcome gemessen	Ja	Abbildung 1, Kapitel «Results», <i>Zeile 4-6</i>
9.	Alle Teilnehmenden, für die Ergebnismessungen zur Verfügung standen, haben die Behandlung oder	Nein	Nicht erwähnt

	Kontrollanwendung bekommen wie zugeordnet oder es wurden, wenn dies nicht der Fall war, Daten für zumindest ein zentrales Outcome durch eine «intention to treat» Methode analysiert		
10.	Für mindestens ein zentrales Outcome wurden die Ergebnisse statistischer Gruppenvergleiche berichtet	Ja	Siehe Tabelle 2 & 3
11.	Die Studie berichtet sowohl Punkt- als auch Streuungsmaße für zumindest ein zentrales Outcome	Ja	Siehe Tabelle 2 & 3
Punkteanzahl insgesamt: 8/10 (<i>Item 1 wird bei der Gesamtpunktzahl nicht berücksichtigt</i>)			