

Aus dem Centrum für muskuloskeletale Chirurgie
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Sensomotorisches Training für Kinder und Jugendliche im Rollstuhl
– eine Pilotstudie

Sensorimotor training for children and young adolescents using
wheelchairs – a pilot study

–

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor rerum medicinalium (Dr. rer. medic.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Florian Liepe

aus Berlin

Datum der Promotion:

25.06.2023

Inhalt:

Abkürzungsverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis.....	6
Abstrakt	7
1 Einleitung	9
1.1 Sport und körperliche Aktivität für Kinder und Jugendliche im Rollstuhl	9
1.2 Die Rolle der Schulter für den Rollstuhlsport	10
1.3 Definition von Trainingszielen für die OEX	12
1.4 Sensomotorisches Training.....	13
1.4.1 Belastungsmerkmale von SMT	15
1.4.2 Adaptionsebenen von SMT	16
1.4.3 Evaluation der Anpassungsreaktionen an SMT	17
1.4.4 Trainingsmittel für SMT der OEX	19
1.5 Hypothesen und Fragestellungen.....	21
2 Material und Methoden	23
2.1 Studiendesign und Ethikvotum.....	23
2.2 Patientenkollektiv	23
2.3 Trainingsdesign	24
2.4 Trainingsmethodik.....	25
2.4.1 Trainingsmittel	25
2.4.2 Kombiniertes SMT der OEX.....	27
2.5 Methodik der Datenerfassung.....	33
2.5.1 Erhebung der gesundheitlichen und sportlichen Fitness	34
2.5.2 Erhebung der allgemeinen körperlichen Aktivität	35
2.5.3 Erhebung der Bewegungsmotivation	36
2.5.4 Erhebung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität	37

2.6	Statistische Auswertung	38
3	Ergebnisse	39
3.1	Ergebnisse der gesundheitlichen und sportlichen Fitness	41
3.2	Allgemeine körperliche Aktivität	43
3.3.	Ergebnisse der Bewegungsmotivation.....	46
3.4.	Gesundheitsbezogene QoL.....	47
3.5.	Korrelation der Ergebnisse der Erhebungsverfahren.....	48
4	Diskussion	49
4.1	Auswirkungen von SMT auf die gesundheitliche und sportliche Fitness	51
4.2	Auswirkungen von SMT auf die allgemeine körperliche Aktivität	55
4.3	Auswirkungen von SMT auf die Bewegungsmotivation	59
4.4	Auswirkungen von SMT auf die gesundheitliche Lebensqualität.....	61
4.5	Limitationen.....	64
4.6	Klinische Relevanz	67
4.7	Schlussfolgerungen und Ausblick	68
5	Literaturverzeichnis.....	70
6	Anhang	90
7	Eidesstattliche Versicherung	107
8	Lebenslauf	108
9	Danksagung	109
10	Bescheinigung statistische Beratung	110

Abkürzungsverzeichnis

1RM	Einwiederholungsmaximum (one repetition maximum)
6MPT	Six Minute Manual Wheelchair Propulsion Test
A_min	Aktivitätsminuten
ANOVA	Varianzanalyse mit Messwiederholung (analysis of variance)
CP	Zerebralparese (cerebral palsy)
Ctrl	Kontrollgruppe (control)
D _{km}	zurückgelegte Distanz in Kilometern
D _R	zurückgelegte Distanz in approximierten Rollstuhlzügen
GPS	Globales Positionsbestimmungs-System
Hz	Hertz
HIT	High Intensity Intervall Training
I	Trainingsgruppe im SMT
ICC	Inter class correlation
ICR	Internal consistency reliability in Crombach's Alpha
IQA	Interquartilsabstand (Differenz aus Quartil 3 und 1)
kg	Kilogramm
km	Kilometer
KS10	KIDSCREEN-10
M	Muskel (Musculus)
max	Maximum bzw. Maximalwert
MHK_L	maximale, isometrische Handkraft der linken Hand
MHK_R	maximale, isometrische Handkraft der rechten Hand
min	Minuten
Mm	Muskeln (Musculi)
MW	Mittelwert
MWU	Mittelwertunterschied
n	Anzahl bzw. Grundgröße (number, n)
NB	nicht berechnet
NS	nicht signifikant
OEX	obere Extremitäten (inklusive Schulter und Rotatorenmanschette)
p	p-Wert (Signifikanzniveau)
P1	Erhebungszeitpunkt nach dem SMT (10 Wochen nach Prä)

P3	Erhebungszeitpunkt 3 Monate nach dem SMT
P6	Erhebungszeitpunkt 6 Monate nach dem SMT
P12	Erhebungszeitpunkt 9 Monate nach dem SMT (12 Monate nach Prä)
PA	körperliche Aktivität (physical activity)
PACES	Physical Activity Enjoyment Scale
Prä	Prätest (Voruntersuchung zum SMT)
QoL	gesundheitliche Lebensqualität (quality of life)
R	Rollzüge (als Maß für die zurückgelegte Distanz)
RM	Rotatorenmanschette
SAI	Subacromiales Impingement-Syndrom
SD	Standardabweichung (standard deviation)
SE	Standardfehler (standard error)
sign.	signifikant
SMT	sensomotorisches Training
SPZ	Sozialpädiatrisches Zentrum
TN	Teilnehmer*innen
UP	Untersuchungsparameter
UZP	Untersuchungszeitpunkt, synonym auch Erhebungszeitpunkt
WB	Wong-Baker-Schmerzskala (visuelle Skala zur Erhebung der Schmerzwahrnehmung bei Kindern in Selbstauskunft)
VO _{2max}	Maximale Sauerstoffkapazität (aerobic capacity)
y/o	Jahre alt
ZNS	Zentralnervensystem

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Phasenverlauf von Trainingskonzeption und -design	24
Abbildung 2: Trainingsmittel	25
Abbildung 3: Phasenverlauf Mobilisationsübung	30
Abbildung 4: Phasenverlauf Frontschwünge	30
Abbildung 5: Phasenverlauf Überkopfschwünge.....	31
Abbildung 6: Phasenverlauf Seitenschwünge.....	31
Abbildung 7: Phasenverlauf der isometrischen RM-Übung	32
Abbildung 8: Datenerhebung	33
Abbildung 9: Testaufbau 6MPT.....	34
Abbildung 10: Deutsche Fassung der Physical Activity Enjoyment Scale (PACES).....	36
Abbildung 11: Deutsche Fassung des KIDSCREEN-10.....	37
Abbildung 12: Boxplot 6MPT.....	41
Abbildung 13: Boxplot MHK_L.....	42
Abbildung 14: Boxplot MHK_R.....	43
Abbildung 15: Boxplot Distanz in Rollzügen	44
Abbildung 16: Boxplot Distanz in km	44
Abbildung 17: Boxplot A_min.....	45
Abbildung 18: Boxplot PACES	46
Abbildung 19: Boxplot KS10.....	47
Abbildung 20: Zusammenhänge der Untersuchungsparameter mit Pearson's r	52
Abbildung 21: PRISMA-Flussdiagramm der Artikelauswahl für SMT der OEX (230)	90
Abbildung 22: SMT der OEX Karteikarten (1)	92
Abbildung 23: SMT der OEX Karteikarten (2)	92
Abbildung 24: SMT der OEX Karteikarten (5)	93
Abbildung 25: SMT der OEX Karteikarten (6)	93
Abbildung 26: SMT der OEX Karteikarten (7)	93
Abbildung 27: Schmerzintensitätsskala der Wong-Baker-Gesichter.....	94
Abbildung 28: Boxplots Wong-Baker-Faces	95

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: adaptierte Zusammenfassung der Belastungsmerkmale für SMT	15
Tabelle 2: Adaptionsebenen und Anpassungserscheinungen durch SMT	17
Tabelle 3: Empfehlungen zur Evaluation von Trainingsstudien bei Kindern mit chronischen Beschwerden	18
Tabelle 4: Übungsverlauf des kombinierten SMT der OEX	28
Tabelle 5: Belastungsmerkmale und Motivation des kombinierten SMT der OEX	29
Tabelle 6: Deskriptive Daten der Trainingsgruppen	39
Tabelle 7: Verlaufswerte und p-Werte der ANOVA aller UP zu allen UZP	40
Tabelle 8: Korrelation (Pearson's r) für alle UP in P1	48
Tabelle 9: Suchreihenfolge der Literatur für SMT der OEX für Rollstuhlsportler*innen	91
Tabelle 10: Durchführungsreihenfolge der Erhebungsverfahren	94
Tabelle 11: Ergebnisse Wong-Baker-Faces Schmerzskala	95
Tabelle 12: Trainingsinterventionen der OEX für Kinder und Erwachsene im Rollstuhl	96
Tabelle 13: Sensomotorisches Training der oberen Extremitäten	101
Tabelle 14: Trainingsinterventionen mit Schwingstäben für die Schulter	105

Abstrakt

Einleitung: Der Schulterkomplex und die oberen Extremitäten (OEX) spielen im Alltag und für die Leistungsfähigkeit bei sportlich aktiven Rollstuhlfahrer*innen eine zentrale Rolle. Gerade für junge Rollstuhlfahrer*innen müssen effektive und sichere Maßnahmen identifiziert werden, um sportliche und gesundheitliche Trainingsziele in spezifischen Interventionen miteinander verbinden zu können. Sensomotorische Trainingsmaßnahmen (SMT) kommen für die unteren Extremitäten bereits für gesundheitliche und sportliche Ziele zum Einsatz. Allerdings ist SMT für die OEX von jungen Sportler*innen im Rollstuhl noch nicht untersucht. Ziel dieser Arbeit ist es, die Durchführbarkeit und die Effekte eines kombinierten SMT der OEX für sportlich aktive Kinder und Jugendliche im Rollstuhl in einer retrospektiven Studie zu untersuchen.

Methodik: Die Datensätze von 14 Rollstuhlfahrer*innen im Alter von acht bis 17 Jahren (\emptyset 12,45 y/o) wurden untersucht. Dort wurde über zehn Wochen ein kombiniertes SMT der OEX mit Schwingstäben durchgeführt. Die sportliche und gesundheitliche Fitness wurde durch die submaximale, aerobe Ausdauer mit dem 6-Minute-Propulsion-Test (6MPT) und durch die maximale, isometrische Handkraft (MHK) beider Hände erhoben. Die körperliche Aktivität im Alltag (PA) wurde durch Aktivitätstracker mit der zurückgelegten Strecke (D) und mit Aktivitätsminuten (A_min) untersucht. Die Bewegungsmotivation wurde durch die Physical Activity Enjoyment Scale (PACES) und die gesundheitsbezogene Lebensqualität (QoL) mit dem KIDSCREEN-10 (KS10) evaluiert. Das Signifikanzlevel wurde mit $p < 0,05$ festgelegt.

Ergebnisse: Die Daten der Trainingsgruppe (I) zeigte für alle Untersuchungsparameter (UP) signifikante Verbesserungen in messwiederholten Varianzanalysen (ANOVA). Die paarweisen Vergleiche zum Prätest (Prä) zeigten für alle UP mit Ausnahme der A_min signifikante Verbesserungen für I. Diese Effekte waren drei Monate nach der Intervention noch für die MHK links, D und KS10 darstellbar. Sechs Monate nach der Intervention waren die Ergebnisse für den 6MPT, D, PACES und KS10 signifikant besser im Vergleich zum Prätest. Zum letzten UZP zeigten sich noch signifikante Verbesserungen in der MHK rechts, PACES und im KS10.

Diskussion: Ein SMT der OEX für sportliche Kinder und Jugendliche im Rollstuhl führte zu Verbesserungen der sportlichen und gesundheitlichen Fitness. Für die PA, die Bewegungsmotivation und die QoL konnte eine anhaltende Tendenz zu den UZP ausgemacht werden. Die konditionellen Verbesserungen könnten dabei u.a. durch Verbesserung der neuromuskulären Kontrolle der OEX durch das SMT erzielt worden sein. Es bestehen Zusammenhänge zwischen 6MPT, MHK und PA. Weitere Studien zur Bestätigung der Ergebnisse mit größerer Fallzahl sind sinnvoll.

Abstract

Introduction: Shoulder function represents one main factor for health and performance in physical active wheelchair users. Therefore, sports and training should not only improve health related but also performance related fitness and functional properties for young wheelchair athletes. Sensorimotor Training (SMT) may be beneficial for both purposes and represents a less investigated field for the weight bearing shoulder of young wheelchair athletes. Purpose of this retrospective study was to examine the effects of a reactive SMT for the upper extremities with regard to fitness, physical activity (PA) and quality of life (QoL).

Methods: Data sets of 14 children and young adolescents (8 – 17; \bar{X} 12.45 y/o) who underwent a ten-week SMT with Flexibars for upper extremities were available. To investigate submaximal, aerobic capacity a 6-Minute-Propulsion-Test (6MPT) was used. Maximum isometric grip strength (IGS) was determined for both hands. PA was measured using an activity tracker with regard to distance (D) and activity minutes (A_min) spent. Motivation towards PA was investigated with the Physical Activity Enjoyment Scale (PACES). The health related quality of life (QoL) was measured with the KIDSCREEN-10 (KS10). Significance level was set at $p < 0.05$.

Results: Data analysis showed significant improvements for all examined parameters (EP) in the repeated measured analysis of variance. The paired t-tests showed significant improvements for all EP except A_min for the intervention group (I). Those improvements remained stable after three month for IGS left, D and KS10. Six month after intervention 6MPT, D, PACES and KS10 showed significant improvements and so did MHK right, PACES, KS10 in comparison to baseline. Effects sizes in the analysis of variance were determined strong (η^2 : 0.28 to 0.54). Significant correlations in Pearson's r were revealed between IGS, 6MPT and PA.

Discussion: The results imply SMT has positive effects for young wheelchair athletes regarding fitness, PA and QoL. The training improved the aspects for motivation and QoL persistently. The reasons for physical improvements of strength and PA may lay in a better neuromuscular control of the upper extremities. Further investigation for SMT with respect to larger numbers is necessary to confirm such results.

1 Einleitung

1.1 Sport und körperliche Aktivität für Kinder und Jugendliche im Rollstuhl

Körperliche Aktivität im Alltag und sportliches Training sind relevante Faktoren für den Erhalt der körperlichen Gesundheit und der allgemeinen Leistungsfähigkeit bei Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen. Laut Bestandserhebung des Deutschen Olympischen Sportbundes (DOSB) 2020 ((1) S.12) stellen Kinder und Jugendliche (im Altersbereich bis 6 Jahre: w: 24,57%; m: 26,46%; im Bereich von 7 bis 14 Jahren: w: 61,12%; m: 79,37; im Bereich von 15 bis 18 Jahren: w: 45,68%; m: 64,27%) den größten Bevölkerungsanteil in Sport- und Trainingsvereinen dar. Innerhalb der Verbandsstrukturen ist der Deutsche Behindertensportverband in 2020 unter die Top 10 der mitgliederstärksten Verbandsstrukturen gerückt ((1) S. 9). Durch die große Zahl an Sporttreibenden und durch das positive Verhältnis zu Bewegung ist in diesem Altersbereich tendenziell davon auszugehen, dass sich hier die größten gesundheitlichen Vorteile von Trainingsinterventionen zeigen. Ohne körperliche Aktivität steigt bei Kindern im Rollstuhl langfristig das Risiko von orthopädischen, kardiovaskulären und metabolischen Folgeerkrankungen mit fortschreitender Aktivitätsminderung (2-7). Darüber hinaus scheint sportliche Aktivität für Kinder und Jugendliche mit motorischen Einschränkungen eine besondere Rolle für die allgemeine Lebensqualität (QoL) zu spielen, da sie in besonderem Maß von Sport zu profitieren scheinen (8).

Allgemein werden Trainings- und Bewegungsangebote primär von bewegungsinteressierten Kindern genutzt. Dadurch entstehen einerseits gesundheitliche Vorteile und körperliche Leistungsvoraussetzungen, die sich von sportlich Inaktiven unterscheiden. Andererseits ergibt sich dadurch auch ein erhöhtes Potenzial zu körperlichen Beschwerden und Verletzungen der beanspruchten Muskeln und Gelenke. Im Fall des Rollstuhlsports betrifft das primär die oberen Extremitäten (OEX) als Zusammenfassung der Arme, der Schulter und der schulterumgreifenden Muskulatur (9). Hier sind Untersuchungen zur Planung und Reihung von effektiven Trainingsinterventionen speziell für sportlich aktive Kinder und Jugendliche im Rollstuhl sinnvoll. Weiterhin können Bewegungsbelastungen im Rollstuhl während des Kindes- und Jugendalters besser vom Bewegungsapparat adaptiert werden (10). Damit scheinen Trainingsinterventionen in diesem Alter im Hinblick auf die Lebensqualität besonders geeignet. Allerdings existieren für sportlich aktive Kinder und Jugendliche diverse Einstiegshürden für sportliche Aktivität. Einerseits sind Trainings- und Bewegungsangebote für sie nicht im gleichen Maß flächendeckend und differenziert verfügbar, wie für Kinder ohne motorische Einschränkungen. Andererseits fehlt es für junge, sportlich aktive Rollstuhlfahrer*innen an

spezifischen Trainingsangeboten, die auf ihre Bedürfnisse und ihre individuellen Leistungsvoraussetzungen angepasst sind. Ansätze zur allgemeinen Verbesserung der Fitness und zur Förderung der körperlichen Aktivität für Kinder und Jugendliche mit motorischen Einschränkungen existieren bereits (11). Diese können sich nicht nur positiv auf konditionelle und gesundheitliche Faktoren auswirken, sondern stehen laut Studien von Maher et al. 2016 (11) auch in Verbindung mit einer gesteigerten Lebenszufriedenheit und allgemeinem Wohlbefinden (happiness) (11).

Innerhalb des sportlichen Trainings mit sportlich aktiven Kindern und Jugendlichen im Rollstuhl ist die Konzeption effektiver und gesundheitsverträglicher Trainingsinterventionen daher von besonderer Bedeutung. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage nach den leistungsabhängigen und gesundheitlichen Auswirkungen unterschiedlicher Trainingsverfahren für die OEX. Bei der Planung von Trainingsprogrammen wurden die Auswirkungen sensomotorischen Trainings auf die Schulter bisher (Stand 2020) nicht für sportlich aktive Kinder und Jugendliche im Rollstuhl untersucht.

Diese Studie befasst sich daher mit der retrospektiven Auswertung einer spezifischen neu konzipierten Trainingsintervention der OEX für sportlich aktive Kinder und Jugendliche im Rollstuhl. Dabei werden die Auswirkungen auf die körperliche Fitness der OEX, die allgemeine, körperliche Aktivität und auf die allgemeine Lebensqualität (QoL) untersucht.

1.2 Die Rolle der Schulter für den Rollstuhlsport

Die Schulter ist bei Rollstuhlfahrern*innen die Struktur, die hauptsächlich an sportlichen und alltäglichen Bewegungen beteiligt ist. Da der Schulterkomplex aus Gelenkstrukturen (Glenohumeralgelenk, Acromioclaviculargelenk, Scapulothorakgelenk) besteht, die durch komplexe Interaktionen von Muskelketten der schulterumgreifenden Muskulatur und der Rotatorenmanschette (RM) stabilisiert werden, ergeben sich hohe konditionelle und koordinative Anforderungen an den Schulterkomplex und die OEX (12). Für Rollstuhlfahrer*innen fungieren die Schulter und die OEX als hauptsächliche Struktur für Bewegung und Kraftübertragung (weight bearing joint) (13).

Für sportlich aktive Rollstuhlfahrer*innen, die auf den Schulterkomplex für die sportliche Leistungsfähigkeit angewiesen sind, stellen Schulterbeschwerden unabhängig vom Schweregrad eine besondere Herausforderung dar (9). Jede längere Bewegungseinschränkung kann zu einem drastischen Verlust der sportlichen und funktionalen Handlungsfähigkeit (functional capacity) führen (14) und hängt maßgeblich mit der allgemeinen Lebensqualität

(QoL) für Rollstuhlfahrer*innen zusammen (15-19). Um hier spezifische, gesundheitsorientierte Trainingsziele bei sportlich aktiven Kindern und Jugendlichen im Rollstuhl zu definieren, ist es sinnvoll, potenzielle Beschwerdelokalisationen und Beschwerdedispositionen zu identifizieren und präventiv mit in die Trainingszielgestaltung aufzunehmen. Untersuchungen von sportlich aktiven Rollstuhlfahrer*innen deuten auf eine steigende Inzidenz von Schulterbeschwerden und die Notwendigkeit von spezifischen Trainingsinterventionen für die Vermeidung dieser Beschwerden hin (15).

Akbar et al. (2010) (20) konnten bei 63% der langfristigen Rollstuhlfahrer*innen im Rollstuhl eine Inzidenz der durch das subacromiale Impingement-Syndrom (SAI) bedingten Beschwerden der RM nachweisen, während dies nur bei 15% der gesunden Vergleichsgruppe der Fall war. Die Ursachen dafür liegen häufig in einer Kombination aus muskulärer Dysbalance und wiederholten Überlastungsschäden (repetitive trauma), wie sie beispielsweise bei der ständigen Schulterprotraktion während des Rollstuhlfahrens auftreten (13, 21-24). Neben schmerzbedingten Bewegungseinschränkungen geht das SAI mit einem negativen Einfluss auf die sensomotorische Kontrolle und die Maximalkraft einher (25-29). Deshalb sollten in die Trainingsplanung sowohl konditionelle als auch sensomotorische Inhalte einfließen.

Die jeweiligen Bewegungsphasen im Rollstuhl aktivieren spezifische Muskelgruppen und führen zu wiederholter Belastung während der Schubphasen (13). Durch größere Bewegungsumfänge und Belastungsintensitäten während der Schubbewegung im Rollstuhl und durch längere Belastungsphasen können derartige Beschwerdedispositionen umso mehr für sportlich aktive Rollstuhlfahrer*innen angenommen werden (30, 31). Während Finley et al. (2019) (17) für sportlich aktive Rollstuhlfahrer*innen keine größere Prävalenz von Schulterbeschwerden ausmachen konnten, weisen Studien von Collinger et al. (2008) (32) höhere Reaktionskräfte auf das Schultergelenk bei Rollstuhlfahrer*innen auf. Derartig erhöhte Belastungsintensitäten sind im Rollstuhlsport verstärkt anzunehmen.

Sportlich aktive Rollstuhlfahrer*innen haben laut einer Studie von Fullerton et al. (2003) (33) ein nur halb so hohes Risiko von Schulterschmerzen im Vergleich zu inaktiven Rollstuhlfahrer*innen, unabhängig von Faktoren wie Geschlecht, Alter und Jahren im Rollstuhl. Allerdings kann das auch als Hinweis für die hohe Relevanz körperlicher und sportlicher Aktivität beim Erhalt der allgemeinen Funktion der Schulter und der OEX angesehen werden.

Ferrara et al. (1990) (9) identifizierten in Untersuchungen mit 19 Erwachsenen, sportlich aktiven Rollstuhlfahrer*innen ebenfalls die OEX als primäre Beschwerdelokalisation mit 58%.

Sie verweisen auf eine spezifische Anpassung von Trainingsmaßnahmen für die OEX innerhalb der Trainingsphasen, um die Leistungsfähigkeit der sportlich aktiven Rollstuhlfahrer*innen zu gewährleisten. Spezifische Interventionen sollten demnach für sportlich aktive Rollstuhlfahrer*innen umso mehr auf den Schulterkomplex und die OEX eingehen, um Überlastungsbeschwerden präventiv entgegenzuwirken und gleichzeitig die körperliche Leistungsfähigkeit durch die OEX zu adressieren.

1.3 Definition von Trainingszielen für die OEX

Primäres Ziel bei der Planung soll die Vermeidung von Beschwerden und damit der Leistungserhalt sein. Die Ursachenbenennung von Schulterbeschwerden ist meist multifaktoriell und im Einzelnen schwer zu identifizieren (15). Heyward et al. (2017) (15) stellten in ihrem systematischen Review zu Schulterbeschwerden bei erwachsenen Rollstuhlsportlern*innen fest, dass Überlastung (34, 35), eine zu schwache RM (34), verminderte motorische Rumpfkontrolle (36) sowie ungünstige Haltung im Rollstuhl beim Fahren (37), die Schulterblattkinematik und muskuläre Dysbalancen (35) potenziell ursächliche Faktoren für Schulterbeschwerden darstellen. Ferrara et al. (1990) (9) heben für erwachsene, sportlich aktive Rollstuhlfahrer*innen bereits den Stellenwert von Trainingsmaßnahmen hervor. Sie empfehlen eine Kombination diverser Bestandteile der Funktionsfähigkeit, allgemeiner Fitness, konditioneller Kraft, Kraftausdauer, kardiovaskulärer Ausdauer und Beweglichkeit (9).

Für die OEX lassen sich folgende Bereiche definieren, um ein spezifisches Training bei sportlich aktiven Rollstuhlfahrern*innen zu konzipieren: Die Zentrierung des Oberarmkopfes und die Prävention von SAI sollten fokussiert werden (15). Dafür konnten Mulroy et al. (2011) (38) in einer randomisierten kontrollierten Studie (RCT) zu Schultertraining für Rollstuhlfahrer*innen die Kräftigung der Außenrotatoren als primäre Ursache bei der Verbesserung von Schulterschmerzen ausmachen.

Muskuläre Dysbalancen und Verkürzungen durch einseitig überlastende Bewegungen und Haltungen im Rollstuhl, die zu einer Protraktion des Humeruskopfes führen, sollten kompensiert werden. Neben der Verbesserung der Innen- und Außenrotation sollten die Kräftigung der schulterblattdeprimierenden Muskulatur und die Kräftigung des M. Serratus anterior zur Verbesserung des Anpressdruckes der Schulterblätter angestrebt werden (39-43). Bei Impingementpatient*innen konnte mit schulterblattstabilisierenden Übungen die Position

des Humeruskopfes, der Bewegungsumfang der OEX und die Beweglichkeit im Schultergürtel positiv beeinflusst werden (44).

Daher ist für eine optimale Trainingsplanung der OEX für sportlich aktive Rollstuhlfahrer*innen nicht nur konditionelles Training relevant (39). Es kommt auf eine optimale Koordination der Muskulatur des Schulterkomplexes innerhalb der Bewegungsphasen an. Solche Anforderungen an die segmentale und intersegmentale Koordination, sowie die Propriozeption der Schulter zeigen die Bedeutung sensomotorischer Trainingsinhalte (45-48).

1.4 Sensomotorisches Training

Zur Umsetzung dieser Trainingsziele werden bei Erwachsenen ohne motorische Einschränkungen sowohl konditionelle Übungen zur statischen und dynamischen Stabilisierung der Schulter, als auch Übungen zur Verbesserung der sensomotorischen Kontrolle des Schulterkomplexes durchgeführt (49-51). Konditionelles Training legt das Hauptaugenmerk auf die Verbesserung von primär energetischen Leistungsfaktoren wie Kraft, Ausdauer, Schnelligkeit und Beweglichkeit ((52) Vgl. S.156). Sensomotorisches Training (SMT) umfasst dabei „[...]alle Maßnahmen zur Erzeugung und Manipulation sensorischer Wahrnehmung [in der Reizaufnahme und Verarbeitung] mit dem Ziel, die motorische Ansteuerung zu optimieren“ ((53) Vgl. S. 11). Die Begriffe des propriozeptiven Trainings, des Koordinationstrainings, des Balancetrainings, des neuromuskulären Trainings und des SMT werden teilweise synonym und überschneidend benutzt (46, 53-56). Praktisch bestehen Überschneidungspunkte mit konditionellem Krafttraining als Trainingsmethode und Intervalltraining als Trainingsform (53, 57-62).

Synergistische Muskelgruppen werden auf spinaler und zentralnervaler Ebene sensorisch stimuliert, um die motorische Ansteuerungsfähigkeit zu erhöhen und die motorische Kontrolle zu verbessern. SMT bildet so die Grundlage für zielgerichtete Bewegungskoordination (63) und hat als Trainingsform für die OEX potenziell ein breites Wirkspektrum, welches den Trainingszielen von sportlich aktiven Kindern im Rollstuhl zugutekommen kann. Bei Erwachsenen mit motorischen Einschränkungen wurde SMT für die Rumpfstabilisierung, die motorische Kontrolle der OEX bei Parkinsonpatient*innen und bei der Rehabilitation von motorischen Fähigkeiten bereits untersucht (64-66). Für Erwachsene ohne motorische Einschränkungen ist SMT bereits ein valider Bestandteil von Trainingsinterventionen bei der Rehabilitation von Gelenkverletzungen (67, 68), bei der Prävention von Beschwerden (55, 69-73) und bei konditionellen Leistungsverbesserungen auf neuromotorischer Grundlage (74-80).

Myers et al. (2000) (25) unterstreichen die hohe Relevanz sensomotorischer Steuermechanismen des sensomotorischen Systems für die Schulter bei Athlet*innen. Weiterhin verweisen Myers et al. (2006) (26) auf die Rolle sensomotorischer Defizite in der Schulter, zum Beispiel nach Verletzungen und anhaltender Überlastung. Um mechanische und propriozeptive Komponenten der Schulterstabilität optimal anzusprechen, müssen sowohl konditionell als auch sensomotorische Anteile in einem Training der OEX spezifisch angesprochen werden (25, 26).

Pfeiffer et al. (2009) konnten keine geeignete Studie für SMT der OEX identifizieren (81). Die Gründe dafür liegen unter anderem darin, dass die Trainingsmethoden in der Praxis nicht isoliert genutzt werden und die Annahmen für SMT der unteren Extremitäten für die OEX als übertragbar angenommen werden (53, 56, 81-83). Grundlegend sind zu SMT der Schulter und der OEX selbst bei Gesunden nur begrenzt Untersuchungsergebnisse vorhanden (53, 83). Generell ist die Studienlage bei motorischen Leistungsverbesserungen widersprüchlich (53, 84)(53, 84)(63, 94)(63, 94)(63, 94)(53, 84). Pfeiffer et al. (2009) empfehlen unter anderem eine Überprüfung der Generalisierbarkeit von SMT und die Inklusion von klar bewertbaren, sekundären Untersuchungsparametern, wie der Maximalkraft oder Funktionalitätstests in Bezug auf definierte Trainingsziele (84).

Studien für sportliche Interventionen für Rollstuhlfahrer*innen unterstreichen die besondere Relevanz der differenzierten Übungsauswahl, der angemessenen Sequenzierung und Ausführungsqualität der Übungen (85-88). Buffart et al. (2008) (89) wiesen aus, dass eine allgemeine Belastung der oberen Extremitäten bei Kindern im Rollstuhl nicht automatisch zu einem Erhalt der Muskulatur führt. Legerlotz (2018) (85) unterstreicht die Spezifität von sportlichen Interventionszielen für Kinder mit Einschränkungen, um den Erfolg der Trainingsmaßnahmen zur Leistungsverbesserung zu sichern. Die Zusammenstellung der Übungen, die Sequenzierung und die Art der Ausführung hat entscheidenden Einfluss auf den Effekt des Trainings (85), welches für sportlich aktive Kinder im Rollstuhl bezüglich eines SMT der OEX untersucht werden kann.

Nach bisherigem Stand (Januar 2022) ist für sportlich aktive Kinder und Jugendliche im Rollstuhl derzeit noch kein spezifisches SMT der OEX untersucht worden (Tabelle 9 im Anhang). Daher legt die vorliegende Arbeit den Fokus auf die Analyse der Effekte eines SMT mit Schwerpunkt auf die OEX bei sportlich aktiven Kindern und Jugendlichen im Rollstuhl.

1.4.1 Belastungsmerkmale von SMT

Um sensomotorische Trainingsreize zu erzeugen, kommen verschiedene Trainingsarten des Krafttrainings und Übungen zur Geschicklichkeit bzw. Koordination und der Balance zum Einsatz. Diese werden methodisch durch verschiedene Trainingsformen des Wiederholungstrainings, Intervalltrainings oder Stationstrainings realisiert (76, 80, 83, 90). Zur Beschreibung der Belastung im Training werden dafür die Belastungsmerkmale Intensität, Dauer, Umfang, Erholungszeit (Pausen) und die Bewegungsqualität herangezogen (52, 91). Dabei handelt es sich um quantitative und qualitative Beschreibungsparameter, die als normative Orientierungsgrößen dienen, um die Trainingsbelastung einer Übung gezielt auf das gewünschte Trainingsziel und den Übenden anzupassen. Die Belastungsmerkmale dienen hier als konzeptionelle Orientierung zur Erstellung eines SMT für die OEX. Sie sind aus diversen Untersuchungen unterschiedlicher Expertisen in Tabelle 1 dargestellt.

Belastungsmerkmal	Belastungsbeschreibung	Belastungsempfehlung (für Intervallmethode)
Intensität	subjektiv hohes Beanspruchungsgefühl	Gib-alles-Ansatz (all out approach)
Dauer	In Abhängigkeit von der Übungsqualität	6 – 30 s pro Serie
Umfang	In Abhängigkeit zur Belastungsdauer	4 – 8 Serien; 1 Satz pro Übung
Pausen	1:3 bis 1:1	5 – 40 s zwischen den Serien
Qualität	Optimale Bewegungsgüte	Verminderung von Dauer und Umfang bei Qualitätsabfall & mehr Pausenzeit
Komplexität	Qualität vor Komplexität: isolierte Bewegungen in einer Ebene, Komplexübungen mit Ebenen-Transfer	Sukzessive Variation der Bewegungen im Trainingsverlauf
Motivation	<ul style="list-style-type: none"> • Ansprechende Einbettung der Übungen in spielerischen Kontext • Leistungsüberprüfung, um relativen Leistungsfortschritt sichtbar zu machen • Gruppengefühl innerhalb der Intervention positiv bestärken • Positive Attribution der eigenen Leistung hervorheben • Motivierendes Training durch Anpassung an Interessen und Ziele 	

Tabelle 1: adaptierte Zusammenfassung der Belastungsmerkmale für SMT (53, 58, 62, 71, 81)

Diese Empfehlungen kommen aus Untersuchungen für konditionelles Training und SMT an Erwachsenen ohne motorische Einschränkungen meist für die unteren Extremitäten (53, 58, 62, 81, 91) und wurden durch die Empfehlungen eines motivierenden Trainingsrahmens für Kinder mit motorischen Einschränkungen ergänzt (92). Der Abgleich der Belastungsmerkmale und Trainingsempfehlungen für SMT zeigt, dass ähnliche Empfehlungen implizit häufig dort

genutzt werden, wo die Bewegungsökonomie und die Gelenkstabilität positiv beeinflusst werden sollen und eine sportliche Leistungsverbesserung durch die sensomotorische Verarbeitung angestrebt wird (48, 54, 62, 71, 79).

Da sich die Belastungsmerkmale für SMT mit Empfehlungen für Maximalkraft- und Kraftausdauertraining allgemein decken, können die sensomotorischen Reize methodisch durch ein Intervalltraining mit hoher Intensität (High Intensity Intervall Training – HIT) realisiert werden (91). HIT wurde bei Kindern mit motorischen Einschränkungen bereits für die Verbesserung der allgemeinen Fitness angewendet (80, 87, 93, 94). Daraus ergab sich für SMT eine Belastungsdauer von wenigen Sekunden bis 30 Sekunden, ein Belastungsumfang mit dem Hauptaugenmerk auf eine motorische Ansteuerungsqualität und lohnenden Pausenzeiten, die eine hohe Bewegungsgüte ermöglichen. Für die individuelle Differenzierung der Belastungsintensität wurde ein Gib-alles-Ansatz (All Out Approach) gewählt, der die objektive Belastung nach subjektivem Beanspruchungsgrad und Erschöpfungsgefühl individuell abstuft. Dabei führt die Person die Übung mit höchstmöglicher Wiederholungszahl, schnellstmöglich aus (87, 95).

1.4.2 Adaptionsebenen von SMT

Die Anpassungsreaktionen an SMT charakterisieren sich im Wesentlichen durch eine konditionell-motorische Leistungsverbesserung oder durch eine Beschwerdeminderung (29, 53, 56, 57, 71, 78, 96, 97). Diese Verbesserungen werden meist mit einer verbesserten Ansteuerungsqualität oder einer optimierten Bewegungskoordination im intramuskulären, intermuskulären oder intersegmentalen Bereich erklärt (58). Eine ausführliche Darstellung der Wirkebenen und der neurophysiologischen Adaptionenmechanismen auf SMT geschieht ausführlich bei Bruhn et al. (2009) (53) und anderen (53, 54, 58, 62, 83). Eine Zusammenfassung der muskulären sensomotorischen Anpassungsreaktionen ist in Tabelle 2 dargestellt (53, 58, 62).

Muskuläre Adaptionsebenen auf SMT:

- Intramuskuläre Koordination (Rekrutierung und Frequentierung)
- Intermuskuläre Koordination (Segmentale Feinkoordination von Agonist, Antagonist und Synergist innerhalb der Sensorik & Reafferenzbildung)
- Intersegmentale Koordination (Tonuseinstellung der Muskulatur für die Optimierung des Impuls-Timing-Programmes)

Anpassungsreaktionen auf SMT:

- Verbesserung der aktiven Gelenkstabilisation & Bewegungskontrolle
- Verbesserung der statischen und dynamischen posturalen Kontrolle
- Verbesserungen der motorischen Kraftentfaltung durch
 - Ökonomisierung der Bewegung (neuromotorisch und metabolisch)
 - Verbesserte initiale Kraftentfaltung (rate of force development)

Tabelle 2: Adaptionsebenen und Anpassungserscheinungen durch SMT (53, 58, 62)

Obwohl der positive Effekt konditionellen Krafttrainings bei Kindern und Jugendlichen nachgewiesen werden konnte (98), ist die Frage des Kraftzuwachses nicht hinreichend geklärt. Alterszuwachs, Trainingshäufigkeit und -dauer haben entscheidenden Einfluss auf den Zuwachs an körperlicher Muskelkraft durch konditionelles Krafttraining bei Kindern und Jugendlichen (99).

Der initiale Kraftzuwachs bei Kindern ist laut Meta-Analyse von Behringer et al. (2010) (100) durch eine verbesserte Rekrutierung und Frequentierung der Muskulatur, sowie die Verbesserung der intramuskulären Koordination bedingt. Dementsprechend sind die Adaptionsmechanismen auf konditionelles Krafttraining bei Kindern und Jugendlichen ebenfalls sensomotorischen Ursprungs. Zur Erreichung der gesundheitlich präventiven und sportlichen Trainingsziele an den OEX für junge, sportlich aktive Rollstuhlfahrer*innen erweist sich somit SMT als potenziell günstige Trainingsform.

1.4.3 Evaluation der Anpassungsreaktionen an SMT

Van Brüssel et al. (2011) (101) haben Empfehlungen zur Auswertung klinischer Trainingsinterventionen für Kinder mit chronischen Erkrankungen zusammengestellt (Tabelle 3). Dazu gehören die Auswirkungen auf die gesundheitliche und die sportliche Fitness, die körperliche Aktivität und die gesundheitsbezogene Lebensqualität (QoL).

<i>Testparameter</i>	<i>Testverfahren</i>
Gesundheitliche Fitness	Aerobe Ausdauer, Sauerstoffkapazität (VO _{2max}), Muskelkraft
Sportliche Fitness	6-Minute-Walk-Test und andere konditionelle Feldtests
Körperliche Aktivität	Direkte Messungen: Akzelerometer, Pedometer, Herzfrequenzmessgeräte, Standortbestimmung mit GPS
Gesundheitliche QoL	Fragebögen
Erschöpfung	Fragebögen
Bewegungsmotivation*	Fragebögen

* Die Bewegungsmotivation wurde für die Einschätzung des Trainings ergänzt

Tabelle 3: Empfehlungen zur Evaluation von Trainingsstudien bei Kindern mit chronischen Beschwerden (Van Brüssel 2011 (115), S. 11)

Zur Beurteilung der maximalen Sauerstoffkapazität bei Kindern und Jugendlichen im Rollstuhl wurden Stufenabbruchtests mit Rampenprotokoll genutzt, um die VO_{2max} durch spiroergometrische Verfahren zu bestimmen (94, 102). Auch submaximale, aerobe Ausdauer tests wurden als valide und reliable Feldtests zur Erhebung der aeroben Fitness bei der Untersuchung mit Kindern im Rollstuhl bewertet (103). Dafür wurde unter anderem der 6-Minute-Propulsion-Test (6MPT) für Kinder und Erwachsene im Rollstuhl genutzt (103-106). Vorteil des 6MPT als Feldtest ist dabei seine kosteneffiziente und sichere Bewerkstelligung in klinischen Settings direkt vor Ort. Sie können demnach eine Doppelrolle in der Bewertung der gesundheitlichen und sportlichen Fitness spielen, da der 6MPT die aerobe Ausdauerleistung im sportlichen Sinne ebenfalls für Kinder im Rollstuhl als Pendant zum 6-Minute-Walk-Test erhebt.

Die willkürlich abrufbare Muskelkraft kann durch Maximalkrafttests erhoben werden. Dafür gilt die Griffkraftdynamometrie als valide und reliable Erhebungsmethode zur Untersuchung der isometrischen Maximalkraft der Hände (MHK) bei Erwachsenen und Kindern ohne motorische Einschränkungen (107, 108). Für gesunde Kinder konnte die isometrische Griffkraft als aussagekräftiger Indikator für die gesamte Muskelkraft der OEX dargestellt werden (109). Auch für Kinder und Jugendliche im Rollstuhl wurde die isometrische Griffkraft als valider Prädiktor für die Kraft der OEX bereits herangezogen (94, 102, 110, 111). Im Gegensatz zur Bestimmung des Einwiederholungsmaximums (one repetition maximum, 1RM) während Maximalkraftübungen kann die isometrische Griffkraft ohne Verletzungsrisiko und trainingstechnische Fertigkeiten direkt vor Ort erhoben werden.

Als direkte Verfahren zum Messen der körperlichen Aktivität im Alltag (physical activity, PA) eignen sich Aktivitätstracker (112). Auch bei Kindern im Rollstuhl kommen diese Verfahren zum Einsatz (4, 5, 47, 113). Dafür gelten Besonderheiten in der Erhebung der PA, da die

Mehrheit der Aktivitätstracker an motorisch uneingeschränkter Klientel kalibriert wurde (114). In Studien von Majiers et al. (2018) (115) wurde das Fitbit® Charge HR™ (Fitbit Company, San Francisco, CA) als akzeptable Variante zur Erhebung der PA für Personen mit motorischen Einschränkungen herangezogen. Die Tracker waren valide und internal reliabel, um den allgemeinen Aktivitätszustand bei Kindern und Erwachsenen direkt zu erfassen (116-119). Als akzelerometrisches Erhebungsverfahren kombiniert dieser Aktivitätstracker die Erhebung der Herzfrequenz und setzt sie in Beziehung zur Aktivitätsdauer in diesem Belastungsbereich. Dadurch kann eine Einschätzung der Aktivitätsintensität vorgenommen werden, die über eine quantitative Aussage der zurückgelegten Strecke während der PA hinausgeht.

Die Einschätzung subjektiver Bewertungsparameter, wie Motivation (120-122), Erschöpfung und empfundene Lebensqualität (123, 124) erfolgt für Kinder über Fragebögen in der Selbst- oder Fremdeinschätzung durch Dritte. Für die Bewegungsmotivation wurde bei Kindern mit motorischen Einschränkungen die Physical Activity Enjoyment Scale genutzt (PACES) (125, 126). Die PACES ist für die deutsche Fassung in der Kurzform validiert und bei Kindern im Rollstuhl bereits zum Einsatz gekommen (127-129).

Die Empfehlungen von van Brussel et al. (2011) (101) enthält bei Interventionsstudien für motorisch eingeschränkte Kinder auch die Einschätzung der QoL. Sie steht im allgemeinen Sprachgebrauch häufig für Zufriedenheit oder das Befinden in Bezug auf die allgemeinen Lebensumstände (130). Der KIDSCREEN-10 (KS10) wurde dafür in deutscher Sprache als orientierender Fragebogen zur Bewertung der gesundheitsassoziierten QoL für Kinder valide und reliabel (ICR = 0,82; ICC = 0,72) bewertet (131). Er findet auch bei Kindern mit motorischen Einschränkungen Anwendung (123, 132, 133).

1.4.4 Trainingsmittel für SMT der OEX

Während SMT bei den unteren Extremitäten durch Balanceübungen und Störungen des Gleichgewichts mit instabilen Unterlagen realisiert wird (55, 71), werden für SMT der OEX in der Trainingspraxis für gesunde Erwachsene und bei Schulterbeschwerden verschiedene Hilfsmittel zur Erzeugung sensomotorischer Reizantworten genutzt (28, 53, 134, 135). Dabei kommen unter anderem Schwingstäbe, synonym auch Vibration Pole, Bodyblade® oder Flexibar, zum Einsatz (28, 135-138). Schwingstäbe sind doppelt schwingende, reaktive Trainingsgeräte im niederfrequenten Bereich von etwa 5 Hertz (139). Durch aktive Eigenbewegung oder anderweitige externe Kraft wird der Stab in Schwingung versetzt und erzeugt reaktiv sensomotorische Reize auf die OEX, den Schulterkomplex und den Rumpf. Durch die statische und dynamische Stabilisierung der Eigenfrequenz im Bereich des

Schulterkomplexes kann das Training mit dem Schwingstab zu einer Erhöhung der neuromuskulären Kontrolle beitragen (28, 138, 140). Die schwingenden Gewichte übertragen die aktiv induzierten Schwingungen wieder zurück auf den Körper, wodurch einerseits ein gesteigertes Afferenzangebot hergestellt wird und andererseits die externe Schwingung zu einer Perturbation der Eigenbewegung beitragen (28, 141, 142). Zusätzlich werden durch die Eigenbewegung des Trainingsgerätes konzentrische und exzentrische Belastungen auf die Muskulatur der OEX produziert (138).

Vibrationstraining wirkt sich in Untersuchungen mit Erwachsenen ohne motorische Einschränkungen positiv auf Muskelkräftigung, die motorische Kontrolle und auf propriozeptives Feedback aus (138, 143) (s.a. Tabelle 14 im Anhang). Allerdings herrscht in der Literatur eine Diskussion zum Ausmaß der Effekte, da einige Studien nach Vibrationstraining keine Effekte auf die Muskulatur nachweisen konnten (144-148). Ursachen für die unterschiedlichen Ergebnisse liegen im Studiendesign, in Variationen der Trainingsstimuli (Frequenz und Amplitude der Vibrationen), in unterschiedlichen Übungsmodi (statische und dynamische Übungen, Übungshaltung, unilaterale oder bilaterale Übungen), Übungsanweisungen und in der Art, wie die Vibration zustande kam (direkt an der Arbeitsmuskulatur, segmental, Ganzkörpervibration) (139).

In Studien kann eine höhere Muskelaktivierung für den Schulterkomplex (136, 138, 139, 149) und für den Rumpf (90, 137, 150) nachgewiesen werden. Lister et al. (2007) (151) konnten im Vergleich mit freien Gewichten und Therabändern eine größere Aktivierung der schulterstabilisierenden Muskulatur nach Schwingstabübungen feststellen. In Experimenten mit gesunden Männern konnten kurzfristige und langfristige neuromuskuläre Anpassungserscheinungen durch die Vibrationen mit geringen Intensitäten an aktiven Muskelbewegungen nachgewiesen werden (140). Die Effekte von Vibrationen mit geringer Frequenz wirken sich sowohl an Muskeln akut (152-155) als auch langfristig auf die Kraftentfaltung und Beweglichkeit aus (156-158). Als Folge wird reaktives Vibrationstraining zunehmend in sportliches Training und als therapeutische Rehabilitationsmaßnahme aufgenommen (139). In Bezug auf Rollstuhlfahrer*innen konnte keine Untersuchung zu SMT der OEX mit Schwingstäben identifiziert werden (Tabelle 9 im Anhang). Für Vibrationstraining existieren weder einheitliche Trainingsempfehlungen noch spezifische Übungsprotokolle für sportlich aktive Rollstuhlfahrer*innen, um eine gewünschte Reizantwort für die OEX zu erzeugen (139).

Wie bei der Destabilisierung der Standfläche an den unteren Extremitäten können für Rollstuhlfahrer*innen Sitzballkissen (Balance pads) zur Erzeugung pertubatorischer Reize zur

intersegmentalen Gleichgewichtsstörung bei Bewegungen im Rahmen des SMT zum Einsatz kommen (53, 54, 63, 71). Für Sitzballkissen und andere sensomotorische Trainingsmittel zur Destabilisierung der Sitzhocker existieren bisher keine Untersuchungen.

Da die Frequentierung und Rekrutierung der Muskeln innerhalb konditionellen Krafttrainings auch durch die Qualität der Ansteuerung zustande kommt (59, 60), können Kräftigungsübungen mit freien Gewichten oder Therabändern für die OEX ein SMT sinnvoll ergänzen (51, 159). Die positiven Effekte von Krafttraining für die Muskulatur der RM ist für sportlich aktive Rollstuhlfahrer*innen belegt (13, 43, 44, 49-51, 88, 160, 161). Das Wechselspiel von exzentrischen und konzentrischen Kontraktionen hat dabei Einfluss auf biomechanische Eigenschaften der Muskelbündel (162). Die Belastungsintensität hat beim Krafttraining der RM keinen primären Einfluss auf die Rekrutierung (159), während die Reizvariabilität innerhalb des SMT einen Einfluss auf die Rekrutierung hat (138, 163).

1.5 Hypothesen und Fragestellungen

Der Effekt von SMT für die OEX ist zwar anhand von Ergebnissen für die unteren Extremitäten und den Untersuchungen der OEX bei Personen ohne motorische Einschränkungen angenommen, jedoch nicht für die Klientel an den OEX untersucht (48, 164). Es ist zu erwarten, dass ein SMT der OEX für sportlich aktive Kinder und Jugendliche im Rollstuhl mit organisatorischen Besonderheiten und Effekten einhergeht, die von motorisch uneingeschränkten oder erwachsenen Sportler*innen abweichen. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Effekte und die Konzeption eines kombinierten SMT der OEX in einer retrospektiven Studie für sportlich aktive Kinder und Jugendliche im Rollstuhl zu untersuchen. In diesem Zusammenhang wurden folgende Forschungsfragen und Hypothesen formuliert:

Fragstellung 1: Hat ein kombiniertes SMT der OEX kurzfristige und mittelfristige Auswirkungen auf die gesundheitliche und sportliche Fitness für sportlich aktive Kinder und Jugendliche im Rollstuhl?

Nullhypothese: Eine zehnwöchige Intervention hat keine Auswirkungen auf die gesundheitliche und sportliche Fitness bei sportlich aktiven Kindern und Jugendlichen im Rollstuhl.

Fragestellung 2: Hat ein kombiniertes SMT der OEX kurzfristige und mittelfristige Auswirkungen auf die körperliche Aktivität im Alltag bei sportlich aktiven Kindern und Jugendlichen im Rollstuhl?

Nullhypothese: Eine zehnwöchige Intervention hat keine Auswirkungen auf die körperliche Aktivität im Alltag bei sportlich aktiven Kindern und Jugendlichen im Rollstuhl.

Fragestellung 3: Hat ein kombiniertes SMT der OEX kurzfristige und mittelfristige Auswirkungen auf die Bewegungsmotivation bei sportlich aktiven Kindern und Jugendlichen im Rollstuhl?

Nullhypothese: Eine zehnwöchige Intervention hat keine Auswirkungen auf die Bewegungsmotivation bei sportlich aktiven Kindern und Jugendlichen im Rollstuhl.

Fragestellung 4: Hat ein kombiniertes SMT der OEX kurzfristige und mittelfristige Auswirkungen auf die gesundheitliche Lebensqualität für sportlich aktive Kinder und Jugendliche im Rollstuhl?

Nullhypothese: Eine zehnwöchige Intervention hat keine Auswirkungen auf die gesundheitliche Lebensqualität bei sportlich aktiven Kindern und Jugendlichen im Rollstuhl.

2 Material und Methoden

2.1 Studiendesign und Ethikvotum

Bei der vorliegenden Studie handelte es sich um ein retrospektives Studiendesign. Es wurden Datensätze von einer unkontrollierten Kohorte ausgewertet, die longitudinal über einen Zeitraum von 12 Monaten zu fünf Zeitpunkten untersucht wurde. Das SMT wurde konsekutiv durchgeführt und die Datensätze wurden in drei Einrichtungen konsekutiv im Zeitraum vom 01.01.2017 bis zum 31.12.2019 erhoben.

In den kooperierenden Organisationen wurde das Einverständnis der Kinder und der Eltern für die Teilnahme an dem SMT eingeholt. Kinder und Eltern wurden über die Ziele, Dauer und Ablauf des SMT mündlich und schriftlich aufgeklärt und auftretende Fragen wurden beantwortet. Die Intervention konnte zu jedem Zeitpunkt ohne Angabe von Gründen durch die Kinder oder die Eltern abgebrochen werden. Bei auftretenden Schmerzen wurde das Training durch die Trainer abgebrochen und weiterführende Maßnahmen zu Beschwerdekklärung veranlasst. Abgesehen von der Grunderkrankung wurden ausschließlich gesunde, sportlich aktive Trainierende ohne körperliche Beschwerden eingeschlossen.

Die lokale Ethikkommission stimmte der Auswertung der extern erhobenen Daten zu (EA2/256/21).

2.2 Patientenkollektiv

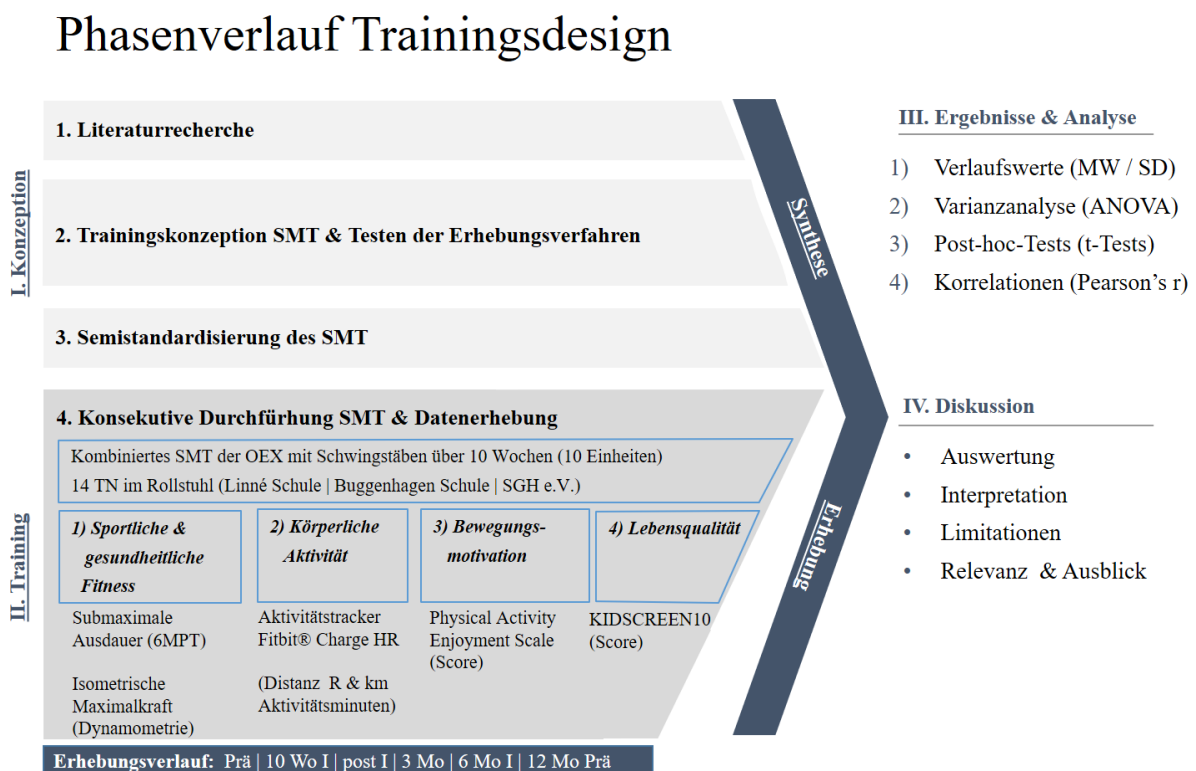
Für die Untersuchung wurden die Datensätze von sportlich aktiven Kindern und Jugendlichen im Rollstuhl, die bis auf ihre Grunderkrankungen keine gesundheitlichen Einschränkungen aufwiesen, bis zum 18. Lebensjahr rekrutiert. Sie nutzten den Rollstuhl im Alltag und als Sportgerät. Der Rollstuhl musste dabei nicht das einzig mögliche Fortbewegungsmittel darstellen. Das Niveau der sportlichen Aktivität konnte von unregelmäßiger freizeitsportlicher Betätigung bis hin zu leistungsorientiertem, regelmäßigen Vereinssport variieren. Es standen Datensätze zur Verfügung, die im Zeitraum vom 01.01.2017 bis zum 31.12.2019 in Zusammenarbeit mit inklusiven Sportvereinen, zwei Schulen für Körperbehinderte und dem Bundesstützpunkt für paralympisches Schwimmen in Berlin erhoben und analysiert wurden.

Unvollständige Datensätze wurden nicht ausgewertet, genauso wenig Datensätze, die Anhalt dafür gaben, dass sie bei bestehenden körperlichen Beschwerden erhoben worden sind bzw. bei Trainierenden, die aufgrund mentaler, visueller, akustischer oder anderweitiger Einschränkungen, die Trainingsanweisungen nicht verstehen oder durchführen konnten.

Vor dem SMT wurden das Alter, das Geschlecht, die Rollstuhlnutzung und das Krankheitsbild der Teilnehmer*innen erfasst und folgend in Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) angegeben. Alle Trainierenden wurden konsekutiv über zehn Wochen trainiert. Vor jedem Training wurden neu aufgetretene Schmerzen und Beschwerden erfragt. Die Trainierenden wurden angehalten, dem Übungsleiter jede Beschwerde direkt im Training mitzuteilen. Zu den Nachuntersuchungen wurden zu den standardisierten Fragebögen ebenfalls auftretende Schmerzen und ihre Ausprägung durch eine visuelle Analogskala mit Wong-Baker-Gesichtern dokumentiert.

2.3 Trainingsdesign

Die methodischen Schritte zum Trainingsdesign des SMT der OEX sind überblicksartig in Abbildung 1 dargestellt. Die Auswahl der Übungen des SMT für die Trainierenden orientierte sich an bestehenden Interventionen zu SMT der OEX. Die ausgewählten Rechercheergebnisse sind im Anhang dargestellt (Abb. 21 und Tabellen 12 bis 14 im Anhang).



Kilometer (km), Monate (Mo), Mittelwert (MW), Prätest (Prä), Rollzüge (R), Standardabweichung (SD), Trainierende (TN)

Abbildung 1: Phasenverlauf von Trainingskonzeption und -design

Die identifizierten Trainingsübungen wurden mit Kindern und Jugendlichen im Rollstuhl stichprobenartig auf ihre Durchführbarkeit im Rollstuhl getestet und angepasst. Die funktional sinnvollen Übungen wurden mit einer Kleingruppe im Pfeffersport e.V. (inklusive Sportverein) sequenziert und wiederholt durchgeführt. Die Reihung der Übungen und die Belastungsgrößen wurden semistandardisiert. Außerdem wurden die zeitlichen Abläufe der Untersuchungsmethoden dort koordiniert.

In der zweiten Phase wurde das Training mit trainierenden Kindern und Jugendlichen aus Vereinen für Rollstuhlsport (Rollstuhlbasketball ALBA Berlin e.V., RSC Berlin e.V., Sportgemeinschaft Handicap e.V.) und Schulen für Körperbehinderte (Marianne-Buggenhagen-Schule, Carl-von-Linné-Schule, Toulouse-Lautrec-Schule) durchgeführt, um das entstandene SMT der OEX mit Trainierenden vor Ort über zehn Wochen einmal wöchentlich in den bestehenden Trainings- oder Schulzeiten durchzuführen. Die Daten wurden vor und nach zehn Trainingseinheiten erhoben. Folgend wurden die Verlaufswerte zu drei weiteren definierten Untersuchungszeitpunkten (UZP) nachverfolgt. Die Ergebnisse der Untersuchungsparameter (UP) aller UZP einer Person stellten einen Datensatz dar und wurden gesammelt als Trainingsgruppe (I) retrospektiv ausgewertet.

2.4 Trainingsmethodik

2.4.1 Trainingsmittel

Zur Erzeugung sensomotorischer Trainingsreize für die OEX wurden ein Schwingstab (Vibration Pole RFM, Rehaforum Medical GmbH D25337, Elmshorn), ein Sitzballkissen (PVC Sitzballkissen „Balance Pad“: 10000504, ScSPORTS GmbH, D46446, Emmerich) und als Gewichte zwei 500 ml Wasserflaschen (Saskia PET Flasche, Lidl GmbH, D74166, Neckarsulm) genutzt (Abbildung 2).



Abbildung 2: Trainingsmittel

Der Schwingstab bestand aus einem Fieberglasstab mit einem mittigen Griff sowie an den Enden angebrachten Gewichten, misst eine Länge von 161 cm und ein Gesamtgewicht von etwa 510 g und erzeugt eine Eigenfrequenz beim Schwingen von etwa 4,17 Hz (ca. 250 Schwingungen pro Minute). Der Schwingstab wurde mittig am Griff gehalten und mithilfe rhythmischer Bewegungen der Arme in unterschiedlichen Positionen und verschiedenen Körperhaltungen in Schwung versetzt. Dabei sollte je nach Übungsbeschreibung und Zielstellung der Bewegungsimpuls möglichst isoliert mit gestreckten Armen aus dem Schulterkomplex generiert werden. Der Rumpf und die OEX mussten zum Aufrechterhalten der gleichmäßigen Schwingungen und zum Kompensieren der Störungen möglichst stabil gehalten werden. Die Kompensation geschah sowohl statisch als auch dynamisch im Schultergürtel, im Rumpf und den OEX. Ein Beispielvideo ist unter: <https://youtu.be/N1J94sXuN2M> einsehbar ab 18:40 min (165). Die einzelnen Übungen, die mit dem Schwingstab durchgeführt worden sind, folgen in der Beschreibung der Trainingsmethodik (Bilder 22 bis 28 im Anhang).

Das Sitzballkissen diente als flexible Gesäßunterlage aus Polyvinylchlorid. Es hat einen Durchmesser von 34 cm und eine maximale Höhe von 7 cm. Das Sitzballkissen produziert dynamische Perturbationen auf die Stabilisationsflächen der Sitzhöcker während der Gleichgewichtsverlagerungen und externen Bewegungsreizen durch den Schwingstab. Für das SMT sollte das Sitzballkissen während des Trainings die sensomotorischen Reize auf implizit unwillkürlicher Ebene erzeugen. Diese Stabilisation des Rumpfes und der OEX kam als indirekte Bewegungsaufgabe zu den Übungen hinzu. Die Kinder wurden zu Beginn des Trainings darauf aufmerksam gemacht, dass durch den wackeligen Untergrund ein besonderes Augenmerk auf eine stabile und kippsichere Position im Rollstuhl gelegt werden sollte. Für den Einsatz der Sitzballkissen gab es im Vorfeld methodische Einsatzbeschränkungen. Höhere Läsionslevel, welche eine motorische Ansteuerung des Rumpfes nicht gestatteten, machten den Einsatz des Sitzballkissens obsolet. Dementsprechend wurde für die Trainierenden vorerst geprüft, ob ein Sitzballkissen, zum Einsatz kommen konnte. Außerdem kam eine Sicherheitsbedingung dazu. Das Sitzballkissen wurde nur dann genutzt, wenn sichergestellt werden konnte, dass der Sicherheitsgurt der/des Trainierenden geschlossen werden konnte. Das Sitzballkissen wurde mit der glatten Oberfläche nach oben gedreht, um eventuelle Gewebeschädigungen durch Druckbelastung während des Trainings zu vermeiden. Dementsprechend wurde das Sitzballkissen bei auftretendem Druckempfinden, Schmerzen oder Unbehagen seitens der Trainierenden entfernt.

Für die isometrischen Kraftübungen der RM wurden im SMT zwei 500 ml Wasserflaschen als Gewichte verwendet. Die Flaschen wurden den Trainierenden paarweise zur Übung ausgeteilt. Sie wurden an den Verjüngungen mittig umgriffen, um die Übungen durchzuführen. Innerhalb der Übungsanweisungen wurde der Fokus auf die Ausführungsqualität gelegt, indem die wichtigsten Bewegungsfaktoren der Bewegungen gezeigt und erläutert wurden. Der Ablauf der Übung für die RM wird in der Trainingsmethodik nachfolgend beschrieben (s.a. Abb. 22 bis 26 im Anhang).

2.4.2 Kombiniertes SMT der OEX

Die Trainingseinheit umfasste eine Dauer von etwa 35 bis 40 Minuten und wurde in die allgemeinen Trainings- und Schulzeiten der Trainierenden eingebunden. Der Verlaufsplan der einzelnen Übungen des SMT ist in Tabelle 4 abgebildet (als Abb. 22 bis 27 im Anhang). Vor den Trainingseinheiten wurden die Trainierenden in freier Organisationsform versammelt und nach Beschwerden und dem Allgemeinbefinden befragt. Dabei wurden allgemeine Gesundheits- und Sicherheitshinweise erläutert, um ein sicheres Training mit dem Sitzballkissen und den Schwingstäben zu gewährleisten. Anschließend wurden die Sitzballkissen ausgeteilt und vom Übungsleiter positioniert. Das Training umfasste insgesamt fünf Phasen: Erwärmung, Mobilisation, Schwingstabübungen, eine Balanceübung und eine isometrische Kraftübung der RM. Einen orientierenden Ablauf der Übungen gibt es als Videolink (165). Nach jeder Übung wurde durch den Übungsleiter das allgemeine Befinden und der Spaß am Training der Trainingsgruppe erfragt.

Nr.	Übungsverlauf	Übungsbeschreibung (s.a. Abbildungen 12 bis 18 im Anhang):
A1	Begrüßung und Motivation	Wertschätzende Begrüßung, Abfrage von Befinden, evtl. Beschwerden und Motivation
A2	Allgemeine Hinweise	<ul style="list-style-type: none"> • Kontakt zum Rückenteil des Rollstuhls • Schulterblätter nach hinten unten ziehen • Beim Schwingen Fokus auf Fixierung der Schulter und Stabilisation des Rumpfes • Aktive Atmung (während der Belastung und in den Pausen durch Nase einatmen und aktiv durch den Mund ausatmen) • Abbruch bei Schmerzen
1.	Erwärmung (3 -5 min)	Kurzes, individuelles Einfahren im Rollstuhl mit dem Balancepad
2.	Mobilisation & Aktivierung (4 min + Pause)	<ul style="list-style-type: none"> • Schwingstab in doppelter Schulterbreite greifen • Schwingstab über den Kopf endgradig nach hinten bewegen, dabei Schulter fixieren • 20 Wh, 1 Serie, Fokus auf Schulterstabilisation während der Führung
3.	Frontschwünge (4 min + Pause)	<ul style="list-style-type: none"> • Schwingstab mit beiden Händen (Handrücken oben) greifen, Schulterelevation 90° • Horizontal zum Körper nach vorn und hinten schwingen, mit gestreckten Armen • HIT • Optional: einarmige Schwünge abwechselnd rechts & links für höhere Intensität
4.	Überkopfschwünge (4 min + Pause)	<ul style="list-style-type: none"> • Schwingstab mit beiden Händen (Handrücken oben) greifen, Schulterelevation 180° • Vertikale Schwünge nach oben und unten über Kopf • HIT • Optional: einarmige Schwünge abwechselnd rechts & links für höhere Intensität
5.	Seitschwünge (4 min + Pause)	<ul style="list-style-type: none"> • Schwingstab vertikal mit beiden Händen umgreifen • Schulterelevation 90° • Seitschwünge mit vertikalem Schwingstab vor dem Körper • HIT (4 Sätze)
6.	Aktive Pause: Balancieren (5 min)	<ul style="list-style-type: none"> • Vertikales Balancieren des Schwingstabes mit beiden Händen • Optional: Augenschluss zum vestibulären Abgleich beim Balancieren
7.	RM-Training	<ul style="list-style-type: none"> • Ellenbogen 90° beugen • Ellenbogen gegen den Rumpf pressen • Gewichte in Neutralposition halten • Daumen nach außen rotieren • Arme nach außen rotieren, endgradige Spannung 3 s halten • 12 Wh, 1 Satz
Z	Optional: Boxübung	<ul style="list-style-type: none"> • Hände in Neutralposition vor den Körper • alternierende Schlagbewegungen frontal (Schulterelevation 90°) • HIT (4 Sätze)

Tabelle 4: Übungsverlauf des kombinierten SMT der OEX

Belastungsmerkmal	SMT-Übungen mit Schwingstäben	Isometrische RM-Übung für die Außenrotation (159, 162)
Belastungsart	Intensives Intervalltraining (HIT) mit lohnenden Pausen	Wiederholungsmethode
Intensität	all out approach Gewicht der Schwingstäbe (510g) Schwingfrequenz ca. 5 Hz	2 x 500 g Gewichte
Dauer	20 s Belastung	in 2 bis 3 min
Pausen	2:1 10 s passive Pausen zwischen den Sätzen 3 bis 5 min zwischen den Übungen (passive und aktive Pausen)	Kurze Pausen zwischen den Wiederholungen (ca. 5 s)
Umfang	4 Sätze abgestimmt auf Beanspruchungsgefühl	1 Satz
Qualität	Verminderung des Umfangs und mehr Pausenzeit (20 s) bei Minderung Ermüdungserscheinungen (e.g. Amplitude)	Fokus auf endgradig isometrische Kontraktion in Außenrotation und Supination des Radioulnargelenks
Häufigkeit	1 Serie pro Übung	1 Serie
Komplexität	Isolierte, unilaterale Übungen mit Schwingstab und externer Störungsquelle (Balancepad)	Kombinierte, bilaterale Übung in einer Ebene
Motivation	<ul style="list-style-type: none"> • Förderung einer subjektiven Bewertungsnorm als Sportmotiv; • relativen Leistungsfortschritt sichtbar machen („Beat-Yesterday-Mentalität“); • Wir-Gefühl in des SMT durch ein Team hervorheben; • Positive Attribution der eigenen Leistung hervorheben 	

Tabelle 5: Belastungsmerkmale und Motivation des kombinierten SMT der OEX

Die Beschreibung der Belastungsmerkmale für das Training der RM erfolgt in Tabelle 5. Im Trainingsablauf begannen die Trainierenden mit drei bis fünf Minuten allgemeinem Einfahren im Rollstuhl in Kreis- oder Bahnform in Dauerform bei geringer Intensität mit Musik. Dabei sollten Fahr-, Manövrier- und Bremstechniken nach eigenem Ermessen eingebaut werden. Danach wurden sie in freier Organisationsform mit Sicht auf den Übungsleiter versammelt und die Schwingstäbe ausgeteilt. In der Mobilisationsphase wurde mit dem Schwingstab eine Übung zur allgemeinen Schultermobilisation durchgeführt (Abb. 3). Dafür wurde der Schwingstab in doppelter Schulterbreite vor dem Körper positioniert und die Schulterblätter mit Rückenkontakt zur Lehne nach hinten unten gezogen.



Abbildung 3: Phasenverlauf Mobilisationsübung

Mit dieser Vorspannung sollte nun der Stab im gesamten möglichen Bewegungsumfang über den Kopf nach hinten bewegt werden, ohne dabei die Position der Schulter und des Rückens zu verändern. Im Umkehrpunkt am Rollstuhl wurde der Schwingstab wieder zurückgeführt. Dieser Bewegungsablauf wurde 20-mal in einem Satz wiederholt. Die Trainierenden sollten dabei ein moderates Dehnungsgefühl im Bereich der pectoralen Muskelgruppen spüren. Die Übungsleitung korrigierte die Bewegungsausführung der Trainierenden.

In der dritten Phase folgten die reaktiven Übungen mit dem Schwingstab. Dafür wurde im HIT der all out approach zur subjektiven und individuellen Belastungsregulierung genutzt. Vor der Übung wurden die Kinder daran erinnert, aktiv durch die Nase ein und durch den Mund auszuatmen und diese aktive Atmung für die Belastungs- und die Pausenzeiten aufrecht zu erhalten. Bei Unwohlsein oder Schmerzen sollte umgehend die Übungsleitung informiert werden. Für das HIT wurde pro Satz eine Belastungsphase von 20 s im Verhältnis zu 10 s passiver Erholungsphase genutzt. Die Intervalle wurden akustisch angezeigt. Pro Übung wurden vier Sätze einer Übung in dieser Weise durchgeführt. Zwischen den Übungen wurde eine Pausenzeit von drei bis fünf Minuten lohnender Pause eingefügt.



Abbildung 4: Phasenverlauf Frontschwünge

In Übung eins wurden Frontschwünge im HIT durchgeführt (Abb. 4). Dafür wurde der Schwingstab mit beiden Händen in Pronationsstellung des Radioulnargelenks frontal in 90° Elevation der Arme vor den Körper gehalten. Die Schulterblätter sollten Kontakt zur Rückenlehne aufweisen. Anschließend wurde der Stab zu den Belastungsintervallen mit gestreckten Ellenbogengelenken aus der Schulter heraus nach vorn und hinten geschwungen. Als objektivierbares Maß wurde das sichtbare Schwingen der Gewichte herangezogen. Bei Rhythmusunterbrechung sollte die Bewegung wiederaufgenommen werden. Die Belastungsintensität wurde durch die Trainierenden selbstständig durch den Krafteinsatz für die Schwünge bestimmt. Außerdem stand es den Trainierenden frei, die Frontschwünge wechselseitig pro Intervall mit einer Hand durchzuführen.



Abbildung 5: Phasenverlauf Überkopfschwünge

Nach einer Pause von drei bis fünf Minuten, in der die Trainierenden trinken konnten, folgte die zweite reaktive Schwingstabübung (Abb. 5). Bei den Überkopfschwüngen wurde der Schwingstab mit beiden Armen gestreckt über den Kopf gehoben. Die Schwünge erfolgten in Intervallmethode ebenfalls über vier Sätze nach oben und unten aus den Schultern heraus. Dabei sollten die Trainierenden auf eine möglichst große Elevation der Arme achten, um die Kraft möglichst axial, ohne Hebelwirkung auf das Acromioklavikulargelenk und die lange Bizepssehne zu übertragen. Alternativ konnte zur Erhöhung der Belastung die Übung wechselseitig mit einem Arm durchgeführt werden. Dafür sollte die zweite Hand mit stabilisierendem Druck nach unten auf die Schulter gelegt werden.



Abbildung 6: Phasenverlauf Seitenschwünge

Als letzte reaktive Schwingstabübung wurden Seitschwünge im Intervalltraining durchgeführt (Abb. 6). Bei den Seitschwüngen wurde der Schwingstab vertikal mit beiden Händen gegriffen und frontal vor den Körper gehalten. Die Schultern und der M. latissimus dorsi sollten aktiv nach unten gezogen und der Bauch angespannt werden. Die Schwünge sollten nun seitlich erzeugt werden. Aus der Eigendynamik des Schwingstabes ergab sich so folgend meist eine elliptische Bewegung der äußeren Gewichte.

Die vierte Phase beinhaltete eine aktive Pause, in der die Trainierenden den Schwingstab auf den Handflächen kontrolliert balancieren sollten. Dafür wurde eine freie Organisationsform gewählt mit ausreichend Platz zu allen Seiten, um die Trainingssicherheit zu gewährleisten. In der Balanceübung sollte der Schwingstab mit beiden Händen vertikal vor dem Körper positioniert werden. Der Blick sollte auf das vom Körper entfernte Gewicht gerichtet werden. Dann sollte der Schwingstab erst mit der dominanten Hand an dem anderen Gewichtende umfasst werden, um ihn kontrolliert zu balancieren. Mit steigender motorischer Kontrolle und Balance sollte die Hand geöffnet werden, sodass der Stab auf der Handfläche balanciert werden konnte. Die Ausgleichsbewegungen konnten dabei über den Oberkörper, die Unterarme und den Schulterkomplex gewährleistet werden. Im Fall des Gleichgewichtsverlustes sollte der Stab entweder mit der zweiten Hand festgehalten oder kontrolliert fallen gelassen werden, ohne andere Trainierende zu treffen. Nach der Hälfte der Zeit wurde die Balanceübung mit der nicht dominanten Hand durchgeführt. Die Übung konnte optional im Schwierigkeitsgrad erhöht werden, indem die Augen geschlossen wurden. Die Gesamtdauer der Übung umfasste fünf Minuten.

Die letzte Phase des SMT stellte die isometrische Kraftübung der RM mit kleinen Gewichten dar (Abb. 7). Dafür wurden je Proband*in zwei Gewichte ausgeteilt. Für die Übung wurden die Ellenbogen im Winkel von 90° gegen den Rumpf gepresst und folgend die Unterarme im Radioulnargelenk maximal in Supination nach außen gedreht. Unter dieser Vorspannung wurden die Unterarme so weit wie möglich nach hinten außen rotiert. Bei der Bewegung sollte der Rücken möglichst mit der Rückenlehne des Rollstuhls in Kontakt bleiben. Die Spannung der Bewegung wurde endgradig drei Sekunden beibehalten. Danach folgte eine kurze Entspannung der Muskulatur. Die Übung wurde in einem Satz zwölf Mal wiederholt.

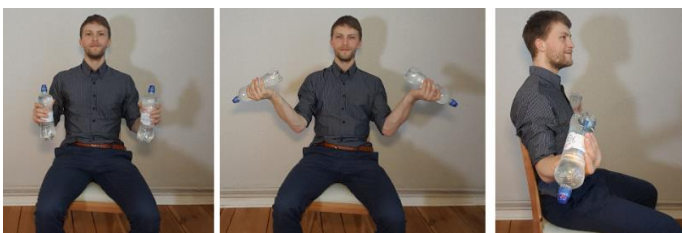


Abbildung 7: Phasenverlauf der isometrischen RM-Übung

2.5 Methodik der Datenerfassung

Aufgrund der Durchführung des SMT innerhalb der Räumlichkeiten der genannten Kooperationspartner, wurden ausschließlich Testverfahren genutzt, die direkt vor Ort im klinischen Setting durchgeführt werden konnten. Derselbe geschulte Untersucher führte das SMT und die Erhebungen nach standardisierten Vorgaben bei allen Trainierenden zu jedem Untersuchungszeitpunkt (UZP) durch (Tabelle 10 im Anhang). Die einzelnen Testverfahren des Untersuchungsprotokolls wurden den Trainierenden im Vorfeld vorgestellt, um eventuelle Fragen zu klären. Die Daten wurden zu fünf Zeitpunkten erhoben: zum Prätest (Prä), direkt nach 10 Einheiten des SMT (P1), drei Monate nach dem SMT (P3), sechs Monate nach dem SMT (P6) und zwölf Monate nach dem Prätest (P12) (Abb. 8). Die Erhebungsmethoden wurden in der vorliegenden Arbeit nach Empfehlungen von van Brüssel et al. (2011) (in (101) S.11, Tabelle 9) zur Auswertung klinischer Trainingsinterventionen für Kinder mit chronischen Erkrankungen ausgewählt und um die Parameter für Bewegungsmotivation ergänzt. Für die Beantwortung der Fragestellungen wurden Erhebungsverfahren für die sportliche und gesundheitliche Fitness, die Bewegungsmotivation und die gesundheitliche QoL direkt vor Ort durchgeführt. Die Erfassung der körperlichen Aktivität (PA) fand durch Aktivitätstracker im Alltag der Trainierenden statt. Es wurden ausschließlich validierte Erhebungsverfahren ausgewählt, die bei ähnlichen Trainingsgruppen bereits zum Einsatz kamen.

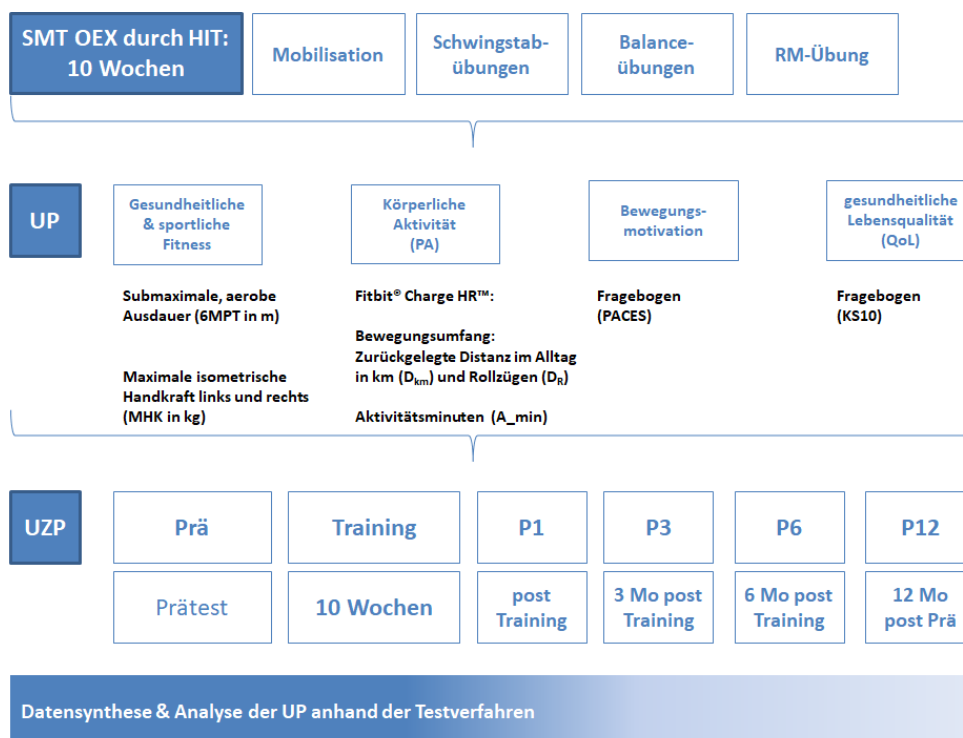
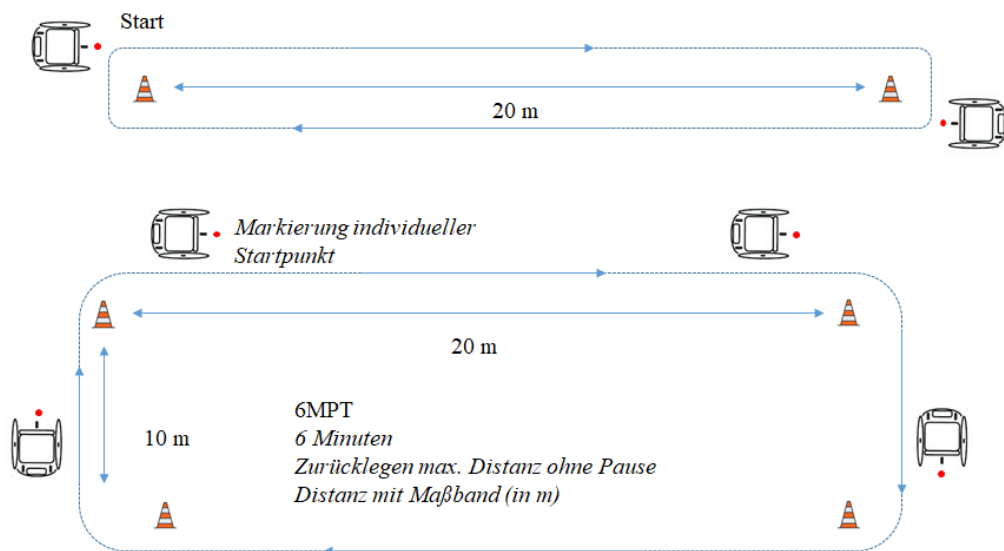


Abbildung 8: Datenerhebung

2.5.1 Erhebung der gesundheitlichen und sportlichen Fitness

Die gesundheitliche Fitness wurde durch die aerobe Ausdauerleistung in einem klinischen Feldtest und durch die maximale isometrische Handkraft (MHK) bestimmt. Für die Erhebung der aeroben Ausdauerleistung vor Ort wurde der 6MPT genutzt. Dieser Feldtest wurde sowohl für die Bewertung der gesundheitlichen als auch der sportlichen Fitness herangezogen.



Oben: Variante (a) in Fluren der Schulen, unten: Variante (b) in Turnhallen der Sportvereine

Abbildung 9: Testaufbau 6MPT

Der 6MPT wurde nach standardisierten Vorgaben und ohne Vorbelastung zu allen UZP durchgeführt (166). Für den 6MPT wurde eine Strecke kreisförmig oder bahnförmig, je nach Möglichkeiten in den Trainingsräumen, mit Pylonen abgesteckt und vermessen (Abb. 9). Die Trainierenden wurden entlang der Rollstrecke positioniert und ihre Startpositionen wurden mit einem kleinen Namenssticker auf dem Boden markiert. Anschließend wurde ihnen das Bewegungsziel erklärt, eine möglichst große Distanz in sechs Minuten ohne Unterbrechung zurückzulegen. Die Wahl der Fortbewegungstechnik (Gleichzug oder Wechselzug) und der Geschwindigkeit war den Trainierenden freigestellt. Auf ein akustisches Signal hin wurde in sechs Minuten eine maximal mögliche Strecke im Rollstuhl zurückgelegt. Die einheitlichen Runden wurden von einem individuellen Startpunkt aus gezählt. Von dort wurden unvollständige Runden mit dem Maßband metergenau bestimmt. Bei Abbruch durch die Trainierenden wurde die bis dahin zurückgelegte Strecke erhoben.

Außerdem wurde die gesundheitliche Fitness mit der Messung der maximalen, isometrischen Handkraft (MHK) beider Hände getestet. Die Messungen wurden mit dem elektronischen Handkraftmessgerät EH101 von Deyard (Electronic Hand Dynamometer EH101, Deyard®

Deyard Tech) standardisiert zu den UZP für beide Hände durchgeführt. Für den Test wurde das Radioulnargelenk in Neutralposition gedreht und der Ellenbogen auf 90° gebeugt. Die Trainierenden generierten mit einer Griffbreite ihrer Wahl, die individuell eingestellt wurde, den maximal willkürlichen Druck über sechs Sekunden. Die Armposition sollte dabei beibehalten werden. Der Testverlauf wurde jedem Kind vor dem Versuch demonstriert. Folgend wurden beide Hände in drei Wiederholungen mit lohnender Pause (3 bis 5 min) getestet. Das Ergebnis wurde in Kilogramm umgerechnet und auf 100 g genau bestimmt. Für die Auswertung wurde der Maximalversuch der jeweiligen Hand gewertet.

2.5.2 Erhebung der allgemeinen körperlichen Aktivität

Zur direkten Erhebung der körperlichen Aktivität (PA) wurde das Fitbit® Charge HR™ (Fitbit Company, San Francisco, CA) als Aktivitätstracker verwendet. Das Fitbit® berechnete durch akzelerometrische Daten, die während der Kinematik eines Rollzuges zustande kommen, die zurückgelegte Distanz pro Rollzug und gab somit die quantifizierbare PA pro Tag an. Die Distanz der PA wurde in approximierten Rollzügen (D_R) und zurückgelegten Kilometern (D_{km}) auf 10m genau angegeben. Weiterhin wurden Aktivitätsminuten (A_{min}) durch den Tracker angegeben, in dem sich die Person in einem Herzfrequenzbereich von 76 bis 95 Schlägen pro Minute bewegte. Die Aktivitätszeit in diesem Frequenzbereich gab eine moderate Belastungsintensität an. Die Herzfrequenz wurde transkutan über den Aktivitätstracker erfasst. Die Daten wurden für die Trainierenden zu jedem UZP an drei aufeinanderfolgenden Tagen aufgenommen, beginnend mit dem ersten vollen Tag nach der Übergabe des Fitbit®. Die jeweiligen Werte der Erhebungstage wurden summiert und im Mittelwert (MW) und der Standardabweichung (SD) ausgewertet. Nach Möglichkeit wurden sowohl Wochentage als auch Wochenendtage in die Erhebung einbezogen. Kinder und Eltern wurden in die Nutzung der Tracker eingeführt und über die Ladeoptionen aufgeklärt. Der Tracker sollte nur beim Waschen und zum Laden in der Nacht abgenommen werden. Bei Hautirritationen durch das Armband sollte das Fitbit® abgenommen und die Trainingsleitung telefonisch informiert werden.

2.5.3 Erhebung der Bewegungsmotivation

Für die Einschätzung der Bewegungsmotivation wurde als Kurzfragebogen eine modifizierte Fassung der Physical Activity Enjoyment Scale (PACES) nach Motl et al. (2000) (167) in deutscher Fassung herangezogen (Abb. 10). Der Fragebogen enthält neun positive und sechs negative Items zur Freude an Bewegung in Aussageform, die anhand einer fünfstufigen Likert-Skala von „stimme überhaupt nicht zu“ bis „stimme voll und ganz zu“ beurteilt werden. Die Antworten der Fragen werden in Werte von eins bis fünf umgerechnet und addiert. Negative Items werden umgekehrt bewertet. Höhere Werte in der Fragebogenauswertung weisen auf eine größere Bewegungsmotivation hin. Die Fragen wurden vor dem Ausfüllen mit den Trainierenden individuell besprochen und Verständnisfragen im Vorfeld geklärt. Für den Fall, dass die Trainierenden die Fragebögen nicht selbstständig ausfüllen konnten, half der Untersucher beim Ausfüllen. Die PACES wurde zu jedem UZP von den Trainierenden ausgefüllt.

Fragebogen zur Motivation und Spaß an Bewegung

Die Fragen des folgenden Fragebogens helfen uns zu erfassen, wie viel Motivation du hast, dich zu bewegen und aktiv zu sein. Es folgen Aussagen über Bewegung, zu denen du eine Meinung haben kannst. Wenn du einer Aussage über Bewegung ganz zustimmst, klickst du auf "ich stimme voll und ganz zu". Wenn du einer Aussage über Bewegung gar nicht zustimmst, kannst du auf "ich stimme überhaupt nicht zu" klicken.

Mich zu bewegen...

	stimme überhaupt nicht zu	stimme eher nicht zu	teils/teils	stimme eher zu	stimme voll und ganz zu
1. macht mir Freude	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. finde ich langweilig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. mag ich nicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. genieße ich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. macht überhaupt keinen Spaß	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. gibt mir Energie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. macht mich deprimiert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. ist sehr angenehm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. bedeutet, dass mein Körper sich gut anfühlt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. gibt mir etwas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. ist sehr aufregend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. frustriert mich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. ist überhaupt nicht interessant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. gibt mir ein starkes Erfolgserlebnis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. fühlt sich gut an	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. gibt mir das Gefühl, dass ich lieber etwas anderes machen würde	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abbildung 10: Deutsche Fassung der Physical Activity Enjoyment Scale (PACES)

2.5.4 Erhebung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität

Die gesundheitsbezogene QoL wurde durch den KIDSCREEN-10 als standardisierter Kurzfragebogen erhoben (124) (Abb. 11). Der Fragebogen enthält elf Items in Frageform, die positiv und negativ gematched sind. Die Fragen können in einer fünfstufigen Likert-Skala von „überhaupt nicht“ bis „sehr“ bewertet werden.

Die Antworten wurden in Zahlenwerte umgewandelt und negative Fragen wurden reziprok bewertet. Folgend wurden die Rohwerte mit einem Rasch-Modell (Rasch Person Parameter Estimates) angepasst und ein Score berechnet. Höhere Scores deuten auf eine höhere gesundheitsbezogene QoL bei den Trainierenden hin. Der KS10 wurde vor dem Ausfüllen mit den Trainierenden individuell besprochen und Verständnisfragen im Vorfeld geklärt. Für den Fall, dass die Trainierenden die Fragebögen nicht selbstständig ausfüllen konnten, half der Trainer beim Ausfüllen. Der KS10 wurde zu jedem UZP von den Trainierenden ausgefüllt.

Hallo ☺

Wie geht es dir? Wie fühlst du dich? Das möchten wir von dir wissen. Bitte lies dir jede Frage genau durch. Was kommt dir als Antwort zuerst in den Sinn? Wähle den Kreis aus, der am besten zu deiner Antwort passt, und kreuze ihn an.

Übrigens: Das ist keine Prüfung! Du kannst also nichts falsch machen. Wichtig ist aber, dass du möglichst alle Fragen beantwortest und dass deine Kreuze deutlich zu sehen sind. Bitte denke dabei an die letzte Woche, also an die letzten sieben Tage.

Du musst deinen Fragebogen niemandem zeigen. Und niemand, der dich kennt, schaut deinen Fragebogen nachher an.

Wenn du an die letzte Woche denkst:

	Überhaupt nicht	Ein wenig	Mittelmäßig	Ziemlich	Sehr
1. Hast du dich fit und wohl gefühlt?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Bist du voller Energie gewesen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Hast du dich traurig gefühlt?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Hast du dich einsam gefühlt?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. Hast du genug Zeit für dich selbst gehabt?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Konntest du in deiner Freizeit die Dinge machen, die du tun wolltest?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Haben deine Mutter / dein Vater dich gerecht behandelt?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. Hast du mit deinen Freunden Spaß gehabt?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. Bist du in der Schule gut zurechtgekommen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10. Konntest du gut aufpassen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Wie würdest du deinen allgemeinen Gesundheitszustand beschreiben:

- ausgezeichnet
- sehr gut
- gut
- weniger gut
- schlecht

Abbildung 11: Deutsche Fassung des KIDSCREEN-10

2.6 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Datensätze erfolgte mit den Auswertungsprogrammen PAST (Version 3.26b: Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4, 9 p). Die Auswertung erfolgte in Zusammenarbeit mit der statistischen Beratung des Instituts für Sportwissenschaft der Humboldt Universität zu Berlin. Folgende statistische Methoden kamen zur Anwendung:

Die Daten aller UP wurden für die UZP mit dem Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung untersucht. Für die Varianzanalysen (ANOVA) mit Messwiederholung wurden die Daten weiterhin mit dem Mauchly-Test auf Sphärizität und die Varianzhomogenität mit dem Levene-Test geprüft. Für Daten mit signifikanter Abweichung von der Sphärizitätsprämisse ($p > 0,05$), wurde die ANOVA mit der Greenhouse-Geisser-Korrektur angeglichen. Für den Fall, dass die ANOVA ausschließlich von der Varianzhomogenität abwich, wurde die ANOVA dennoch durchgeführt. Bei der Abweichung weiterer Voraussetzungen, wurden Friedman-Tests durchgeführt. Das Signifikanzniveau p wurde mit einem Konfidenzintervall von 95% ($p < 0,05$) bestimmt. Die Effektstärke für die ANOVA wurde mit Eta-Quadrat (η^2) angegeben. Die Effektstärken Eta-Quadrat wurden nach Empfehlungen von Cohen (1988) (168) ab 0,01 als kleiner Effekt, ab 0,06 als mittlerer Effekt und ab 0,14 als großer Effekt eingestuft.

Für signifikante Mittelwertunterschiede in den ANOVA wurden Post-hoc-Tests mit paarweisen Vergleichen berechnet. Diese wurden mit gepaarten t-Tests durchgeführt. Alle Daten der UP wurden für die paarweisen Vergleiche mit der Bonferroni-Korrektur angepasst. Die paarweisen Vergleiche wurden im Vergleich zum Prätest durchgeführt und bewertet. Die Effekte der ANOVA und der paarweisen Vergleiche wurden an einem $p < 0,05$ als statistisch signifikant eingestuft. Außerdem wurden Zusammenhänge der Korrelationskoeffizienten nach Pearson (Pearson's r) für die UP im ersten Post-Test (P1) berechnet. Dafür wurde ein Stichprobenwiederholung (Resampling) via Bootstrapping der Werte von 1000 durchgeführt. Die Ergebnisse der Korrelationen wurden zweiseitig ab $p < 0,05$ als signifikant eingestuft.

3 Ergebnisse

Geeignete Datensätze von 14 Kindern wurden im Zeitraum vom 01.01.2017 bis zum 31.12.2019 ausgewertet. Die deskriptiven Daten der Teilnehmer*innen sind in Tabelle 6 dargestellt.

Gruppe	Geschlecht		Alter				
	<i>n</i>	<i>m</i>	<i>w</i>	<i>MW</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
14	12	2		12,45	3,24	8,42	17,33
Grundbeschwerde	<i>n</i>	<i>in Prozent (%)</i>					
<i>Spina bifida</i>	8	57,14					
<i>Hemiparese</i>	2	14,29					
<i>CP</i>	2	14,29					
<i>Hüftdysplasie</i>	1	7,14					
<i>muskuläre Dystrophie</i>	1	7,14					

(*CP*) Zerebralparese, (*n*) Gruppengröße Gesamtgruppe, (*m*) männlich, (*Max*) Maximum, (*Min*) Minimum, (*MW*) Mittelwert, (*SD*) Standardabweichung, (*w*) weiblich

Tabelle 6: Deskriptive Daten der Trainingsgruppen

Die Trainierenden waren zum Beginn des SMT zwischen acht und 17 Jahren alt (MW 12,45 y/o). Die häufigste Grundbeschwerde für die Rollstuhlnutzung stellte Spina bifida (SB) mit 57,14%, gefolgt von Hemiparesen (14,29%) und CP (14,29%). Die Gesamtgruppe bestand aus zwölf Jungen und zwei Mädchen, die aus dem Rollstuhlsportverein kamen. Bei den Trainierenden variierte die sportliche Aktivität von freizeitsportlicher Betätigung bis zu jahrelanger Vereinszugehörigkeit im Rollstuhlsport.

Eine Trainierende nutzte neben dem Rollstuhl sporadisch Gehhilfen und Orthesen zur Fortbewegung in der Freizeit. Neben den 14 Trainierenden, nahmen noch weitere Teilnehmer*innen an dem SMT teil, die nicht auf den Rollstuhl angewiesen waren. Die Betreuung der Personen ohne motorische Einschränkungen begründete sich durch die Organisation der Vereine, durch Zugehörigkeit von Geschwistern in der gleichen Trainingsgruppe und Interesse am Trainingsangebot innerhalb der Schule. Ein Teilnehmer nahm durch seine Familie als Sportler teil.

Im Trainingszeitraum traten keine gesundheitlichen Vorfälle oder Verletzungen auf, die bei den Trainierenden einen Trainingsabbruch verursachten. Von 13 Trainierenden konnten alle Untersuchungsdaten erhoben werden. Ein Teilnehmer durfte lediglich die klinischen Daten einreichen. Hier durften keine Daten durch das Fitbit® erhoben werden, begründet mit der Angst der Eltern, den Tracker zu verlieren oder zu beschädigen. Außerdem war ein möglicher

Arbeitsaufwand auf Seiten der Eltern ein Motiv für die Ablehnung. Die MHK der rechten und der linken Hand konnte jeweils bei einem Probanden lähmungsbedingt nicht erhoben werden. Für alle Kinder konnten die Verlaufsuntersuchungen für alle UZP durchgeführt werden. Somit war die Erhebungsgröße der MHK bei 13 Personen.

Für den Shapiro-Wilk-Test ergaben sich signifikante Abweichungen von der Normalverteilung für die MHK der rechten Hand (MHK_R) in Prä und P3 und für die PACES in P3, P6 und P12. Da der Levene-Test für alle UP eine Gleichheit der Varianzen zeigte, wurden alle UP mit der ANOVA mit Messwiederholung untersucht. Die Sphärizität im Mauchly-Test wich für die Werte der MHK links (MHK_L), der D_R, der A_min und der KS10 ab und wurde mit der Greenhouse-Geisser-Korrektur für die ANOVA angepasst. Alle paarweisen Vergleiche mit t-Tests bei verbundenen Stichproben wurden mit der Bonferroni-Korrektur angeglichen.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen aller UP und die p-Werte der ANOVA mit Messwiederholung sind in Tabelle 7 dargestellt. Folgend sind die Ergebnisse nach Untersuchungsfragen sortiert und im Text beschrieben. Die Ergebnisse der Verlaufswerte wurden als Boxplots für die einzelnen UZP dargestellt (Abb. 12 bis 19). Die Ergebnisse des Korrelationskoeffizienten mit Pearson's r wurden für den ersten Posttest (P1) in Tabelle 8 dargestellt.

<i>UP</i>	<i>Prä</i>	<i>P1</i>	<i>P3</i>	<i>P6</i>	<i>P12</i>	<i>ANOVA</i>
	MW (SD)					p-Wert
6MPT <i>in m</i>	381 (217)	468 (252)	426 (230)	445 (241)	412 (239)	< 0,001*
MHK_L <i>in kg</i>	18,39 (13,04)	20,52 (13,51)	20,64 (14,30)	21,52 (15,77)	21,91 (15,35)	0,010*^A
MHK_R <i>in kg</i>	20,08 (11,88)	22,21 (13,01)	21,74 (13,17)	22,25 (14,22)	23,12 (14,81)	0,003*
D_R <i>in n</i>	5324 (1687)	7515 (2974)	7232 (3008)	6774 (2521)	6435 (2229)	< 0,001*^A
D_{km} <i>in km</i>	3,25 (1,01)	4,60 (1,87)	4,33 (1,70)	4,12 (1,50)	3,91 (1,33)	< 0,001*
A_min <i>in min</i>	124 (92)	204 (150)	193 (124)	141 (80)	125 (73)	0,012*^A
PACES <i>(Score)</i>	67,43 (6,72)	75,21 (3,29)	74,57 (5,61)	74,00 (6,18)	76,93 (3,29)	< 0,001*
KS10 <i>(Score)</i>	48,62 (4,65)	59,79 (7,80)	59,56 (9,86)	58,93 (11,07)	66,11 (13,01)	0,001*^A

* markierte Werte zeigen signifikante p-Werte ($p < 0,05$) in der ANOVA an

^A in der ANOVA nach Greenhouse-Geisser korrigierte Werte

MW (Mittelwert), SD (Standardabweichung), UP (Untersuchungsparameter)

Tabelle 7: Verlaufswerte und p-Werte der ANOVA aller UP zu allen UZP

3.1 Ergebnisse der gesundheitlichen und sportlichen Fitness (6MPT, MHK)

Die Erhebung der gesundheitlichen und sportlichen Fitness erfolgte durch Bestimmung der submaximalen, aeroben Ausdauer mit dem 6MPT und der isometrischen Maximalkraft beider Hände (MHK) mittels Handkraftdynamometrie. Die Verlaufswerte sind als Boxplots in den Abbildungen 12 bis 14 dargestellt. Für den 6 MPT konnten die Werte von 14 Trainierenden erhoben werden. Für die MHK konnten die Werte von 13 Trainierenden erhoben werden.

Prozentual zeigte sich für den 6MPT in Verlaufsuntersuchungen direkt nach dem SMTeine Leistungssteigerung von +22,83 % (Prä: MW 381 m zu P1: MW 468,29 m) verglichen zum Prätest. Die Verbesserungen variierten zum Prätest in den Verlaufsuntersuchungen zwischen +11,81% in P3, +16,8% in P6 und +8,14% in P12 (MW und SD in Tabelle 7). Die ANOVA zeigte einen signifikanten Mittelwertunterschied (MWU) im 6MPT ($F(4,52) = 9,39$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,42$) auf. Für die Post-hoc-Tests konnten signifikante Unterschiede in der Performanz zum Prätest für die UZP P1 ($p < 0,001$) und P6 ($p = 0,011$) ermittelt werden.

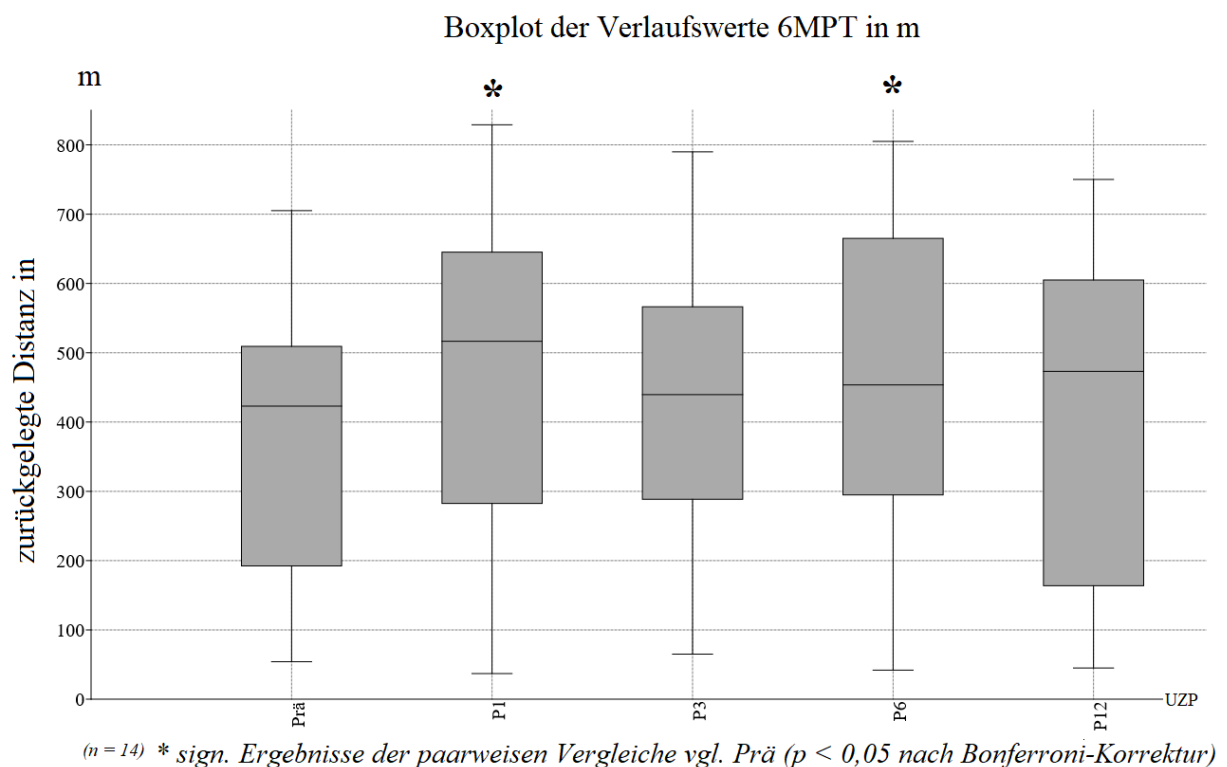


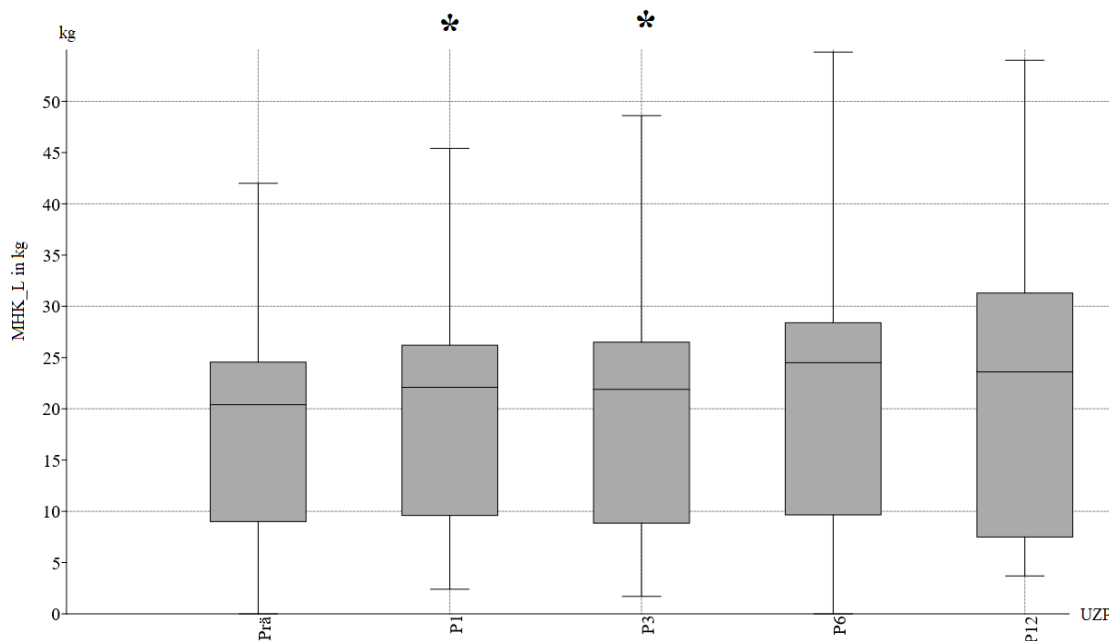
Abbildung 12: Boxplot 6MPT

In den Boxplots (Abb. 12) zeigten sich höhere Werte im Median und den Interquartilsbereichen bis P6. Die Streuung der Interquartilsabstände (IQA) variierte zu den UZP von 278 m in P3 bis maximal 441 m in P12. Die größte Streuung der Ergebnisse lag mit 763 m zu P6 vor. Die Minima in den Verlaufswerten lagen bei 37 m in P1. Die Maxima schwankten von 705 m in Prä bis zu 829 m in P1. (Tabelle 7). In den paarweisen Vergleichen konnten signifikante MWU zu P1 und P6 nachgewiesen werden.

In den Verlaufsuntersuchungen konnte für die MHK_L direkt nach dem SMT eine prozentuale Verbesserung +11,58% (Prä: MW 18,39 kg; P1: MW 20,52 kg) und für die MHK_R ein Zuwachs von +10,61% (Prä: MW 20,08 kg; P1: MW 22,21 kg) im Vergleich zum Prätest ausgemacht werden. Für die linke Hand konnten weitere Steigerungen in P3 (+12,33%), P6 (+17,02%) und P12 (+19,14%) gemessen werden. Bei der rechten Hand variierte der Kraftzuwachs (P3: +8,27%; P6: +10,81%, P12: +15,14%). In P12 konnten für beide Hände höhere Kraftwerte verglichen zum Prätest demonstriert werden.

Die Kraftwerte beider Hände wiesen in der ANOVA signifikante MWU in der Performanz auf. Für die nach Greenhouse-Geisser korrigierte ANOVA der MHK_L wurde ein p-Wert von 0,01 ($F(1,74;20,93) = 6,22$) mit einem Eta-Quadrat von 0,34 ermittelt. Für die rechte Hand wurde in der ANOVA ein p-Wert von 0,003 ($F(4;48) = 4,66$) und ein Eta-Quadrat von 0,28 bestimmt. In den Post-hoc-Tests konnten in der MHK_L signifikante MWU für P1 ($p < 0,001$) und P3 ($p = 0,019$) dargestellt werden (Abb. 13) und für die MHK_L in P1 ($p = 0,015$) (Abb. 14).

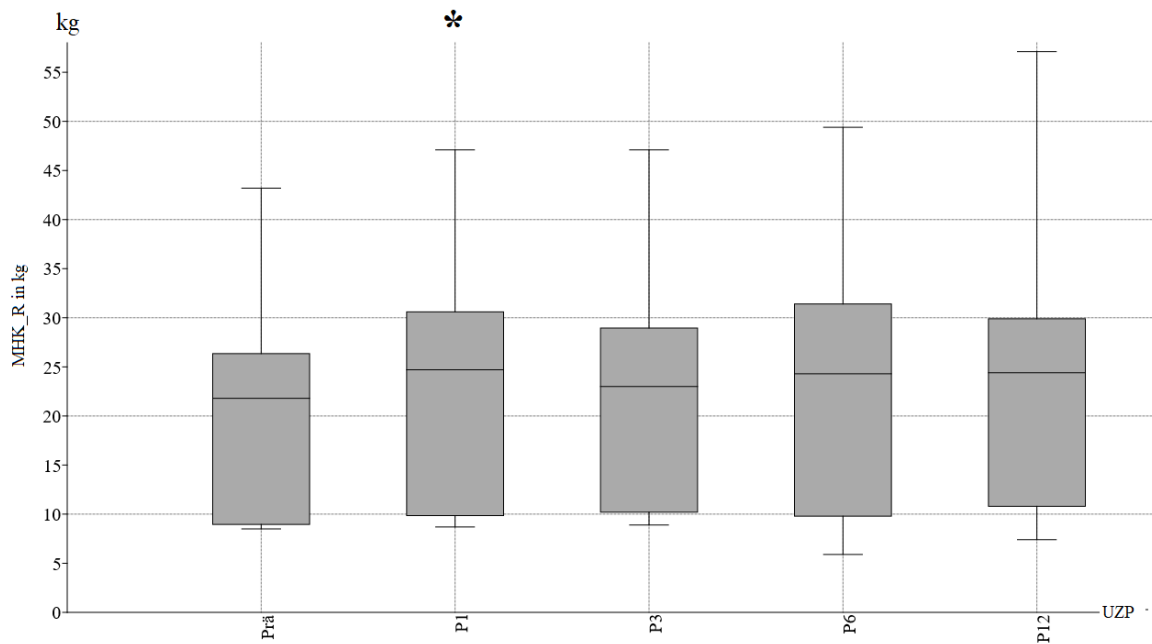
Boxplots der Verlaufswerte MHK_L in kg



(n = 13) * sign. Ergebnisse der paarweisen Vergleiche vgl. Prä ($p < 0,05$ nach Bonferroni-Korrektur)

Abbildung 13: Boxplot MHK_L

Boxplots der Verlaufswerte MHK_R in kg



(n = 13) * sign. Ergebnisse der paarweisen Vergleiche vgl. Prä ($p < 0,05$ nach Bonferroni-Korrektur)

Abbildung 14: Boxplot MHK_R

In der Betrachtung der Streuungsmaße fällt für die linke Hand eine sukzessiv steigende Streuung der Interquartilsbereiche auf (Abb. 13), während sich für die rechte Hand ein alternierendes Streuungsmuster ergibt (Abb. 14). Während die Maximalwerte für beide Gruppen zu den UZP tendenziell anstiegen, verbesserte sich der Median für beide Hände in P1 und stabilisierte sich folgend. Für beide Hände erfolgte in Bezug auf die Gesamtgruppe eine Verschlechterung zum Prätest.

3.2 Allgemeine körperliche Aktivität (Distanz, A_min)

Die Ergebnisse der körperlichen Aktivität im Alltag, durch das Fitbit® Charge HR™ für die zurückgelegte Distanz in Rollzügen (D_R) und Kilometern (D_{km}), sowie für die Aktivitätsminuten (A_{min}) sind für die Verlaufswerte als Boxplots in den Abbildungen 15 bis 17 dargestellt.

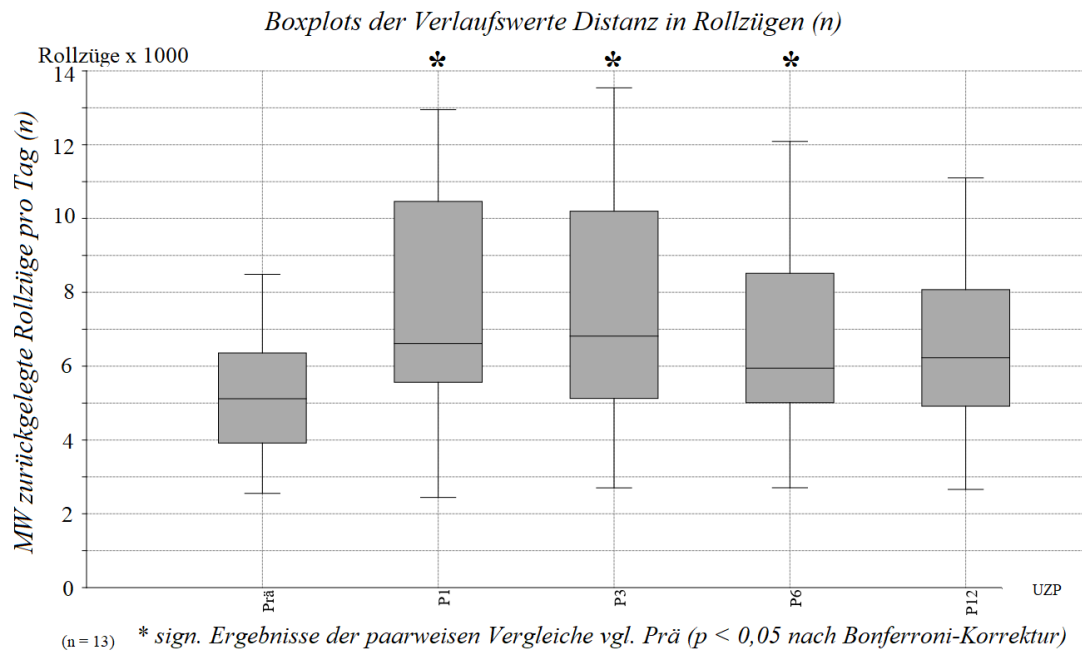


Abbildung 15: Boxplot Distanz in Rollzügen

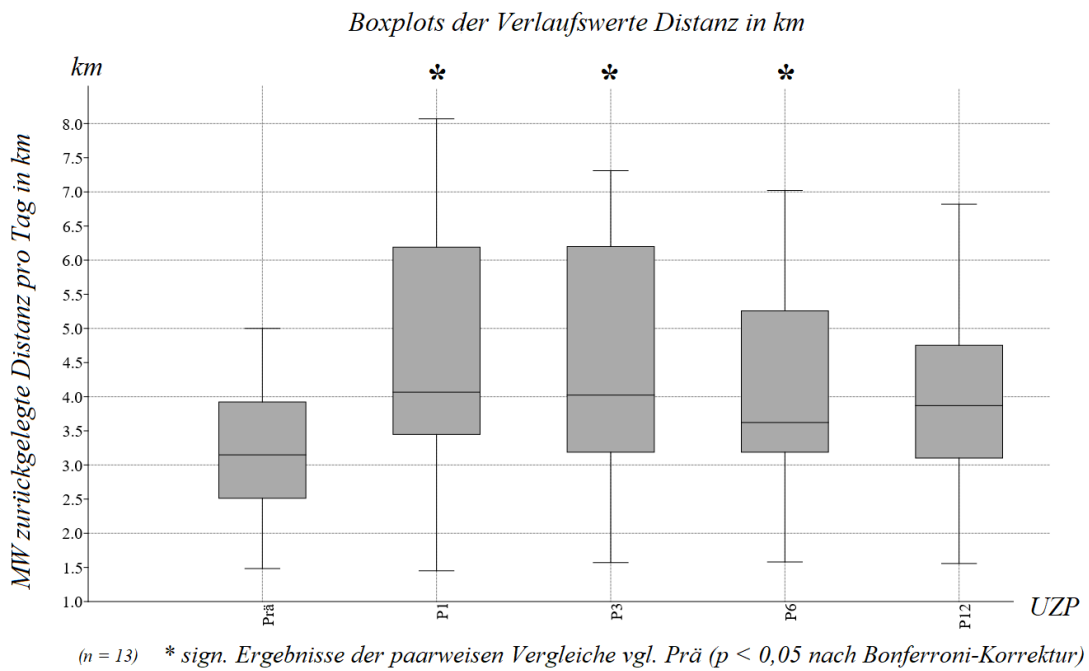


Abbildung 16: Boxplot Distanz in km

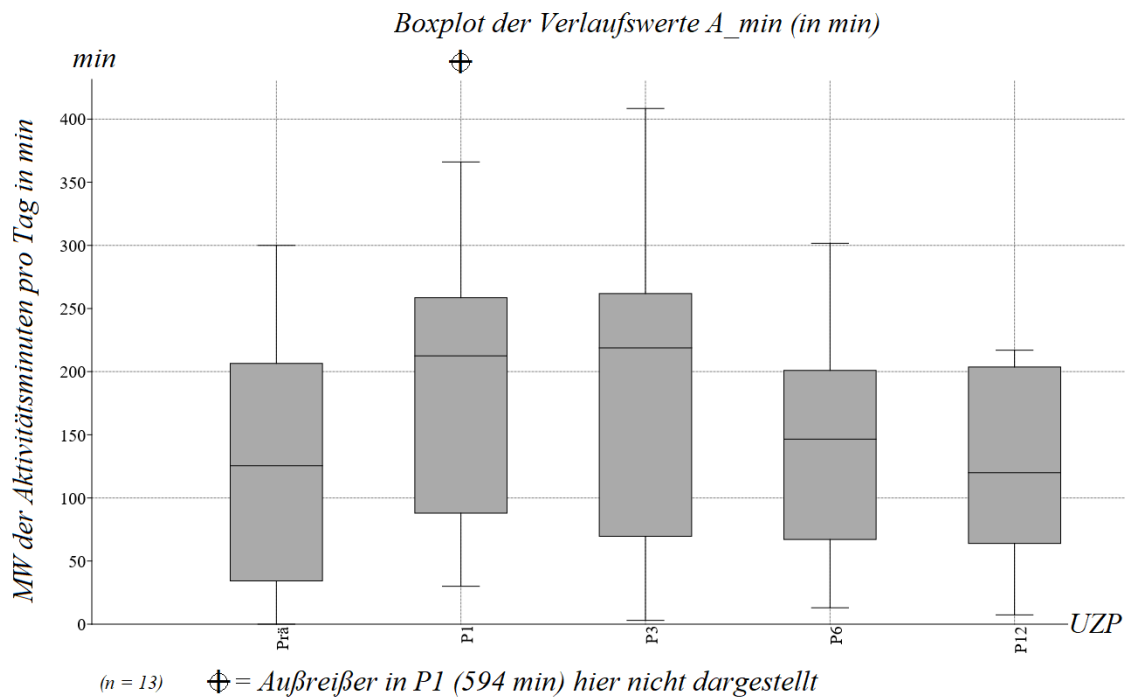


Abbildung 17: Boxplot A_min

In der alltäglichen PA legten die Trainierenden direkt nach dem SMT 41% mehr Distanz zurück im Vergleich zum Prätest (D_R : +41,15%; D_{km} : +41,57%). Die Mittelwerte stiegen von durchschnittlich 3,25 km pro Tag auf 4,6 km. Im Verlauf der UZP fielen die Werte für die D_{km} konstant in P3 auf +33,33% (D_R : +35,84%), in P6 auf +26,77% (D_R : +27,24%) die in P12 auf +20,31% (D_R : 20,87%) zurück. Somit wiesen die Trainierenden zu jedem UZP der Verlaufsuntersuchung höhere Aktivitätsumfänge auf als im Prätest (MW und SD in Tabelle 7). Nach dem SMT konnte bei den Trainierenden mehr Aktivitätsminuten erfasst werden (P1: +64,52% vgl. Prä). Diese reduzierten sich im Verlauf der UZP in P3 auf +55,65%, in P6 auf +13,71% und erreichten ihre Ausgangswerte mit einem Plus von 0,81% in P12.

In der Varianzanalyse konnten für alle UP der körperlichen Aktivität signifikante MWU in der Performanz ermittelt werden. Für die D_R ergab sich nach Greenhouse-Geisser-Korrektur ein Signifikanzwert von p kleiner 0,001 ($F(2,46.32) = 12,36$; $\eta^2 = 0,49$). Auch für die ANOVA der D_{km} wurde ein Signifikanzwert kleiner 0,001 ($F(4,52) = 11,65$; $\eta^2 = 0,47$) ermittelt. Die ANOVA der A_{min} ergab einen Signifikanzwert mit Greenhouse-Geisser-Korrektur von $p = 0,012$ ($F(2,2.28,53) = 4,97$; $\eta^2 = 0,28$). In den Post-hoc-Tests der Bewegungsumfänge konnten signifikante Effekte im Vergleich zum Prätest für P1 (D_R : $p = 0,002$; D_{km} : $p = 0,002$), P3 (D_R : $p = 0,018$; D_{km} : $p = 0,012$) und P6 (D_R : $p = 0,021$; D_{km} : $p = 0,017$) identifiziert werden. Für die A_{min} konnte in den Post-hoc-Tests kein signifikanter MWU im Vergleich zum Prätest ermittelt werden.

Für die Bewegungsumfänge kann eine zunehmende Streuung der Interquartilsbereiche festgestellt werden (Abb. 15 und 16). Die Minimalwerte der zurückgelegten Strecken blieben zu den UZP verhältnismäßig konstant, während die Maximalwerte zu P1 und P3 stark zunahmen. Die Streuung blieb nach dem SMT zu den UZP in ihrer Relation konstant verstärkt. Der IQA war dabei in P3 am stärksten ausgeprägt (ebd.). Bei der A_min blieb der IQA nach dem SMT konstant, erreichte in P3 seine maximale Ausprägung und reduzierte sich zu den folgenden UZP (Abb. 17). Ein milder Ausreißer ließ sich in P1 (A_min: 594 min) identifizieren.

3.3. Ergebnisse der Bewegungsmotivation (PACES)

Die Darstellung der Verlaufswerte und der statistischen Auswertungen der PACES zur Bewertung der Bewegungsmotivation erfolgt in Abbildung 18. Im Vergleich zum Prätest erzielten die Trainierenden direkt nach dem SMT einen 11,54% höheren Score (P1) in der PACES. Folgend konnte zu den UZP eine Verbesserung von +10,59% in P3, +9,74% in P6 und +14,09% in P12 beobachtet werden (MW und SD Tabelle 7). Somit konnte zu jedem UZP ein höherer Zustimmungswert zur Bewegungsmotivation im Vergleich zum Prätest gemessen werden.

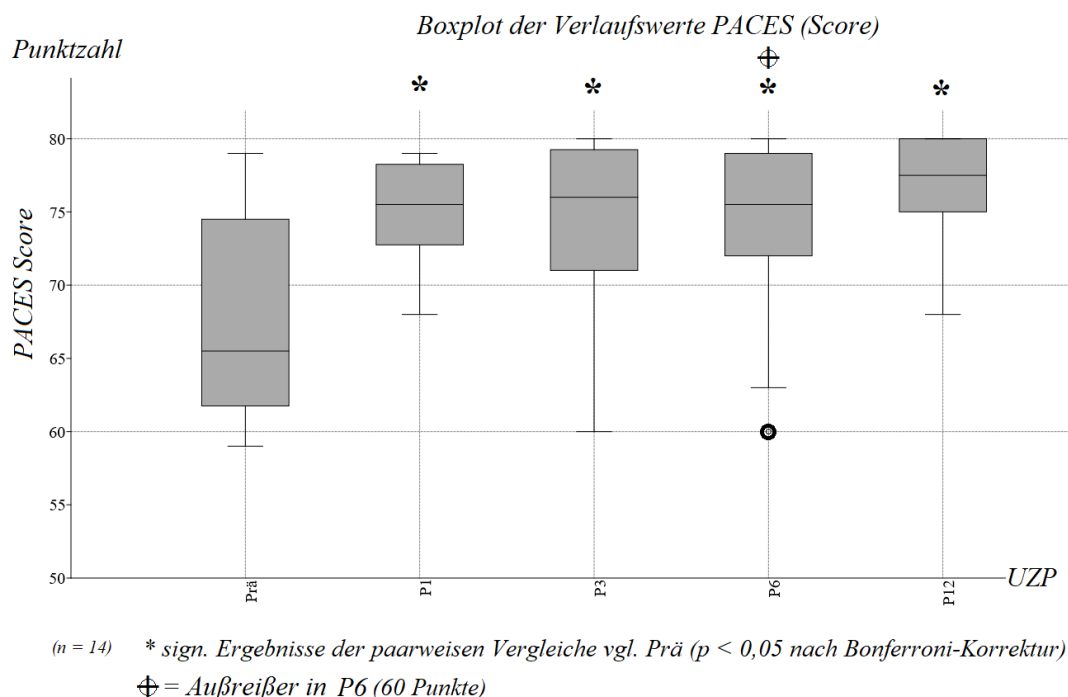


Abbildung 18: Boxplot PACES

In der ANOVA konnten signifikante MWU für die PACES ermittelt werden mit einem Signifikanzwert kleiner 0,001 ($F(4,52) = 15,21; \eta^2 = 0,54$). Für die Post-hoc-Tests der

paarweisen Vergleiche ergaben sich zu jedem UZP im Vergleich zum Prätest signifikante Unterschiede (P1: $p = 0,002$; P3: $p = 0,004$; P6: $p = 0,002$; P12: $p < 0,001$) (Abb. 18).

Im Prätest konnte die größte Streuung in den IQA (13 Punkte) beobachtet werden. Während im Prätest ein Median von etwa 65 Punkten erzielt wurde, kamen zu den folgenden UZP im Median etwa 76 Punkte zustande. Im Prätest wurde ein Minimalwert von 58 Punkten und ein Maximum von 79 Punkten erreicht. Nach dem SMT stieg der Minimalwert auf 68 Punkte in P1 und P12 und auf 60 Punkte in P3 und P6 (ebd.). Der Maximalwert lag bei 80 Punkten. Im Boxplot der Verlaufswerte (Abb. 18) stellte sich eine Verringerung der IQA im Vergleich zum Prätest dar sowie eine homogen höhere Wertausprägung in den Interquartilsbereichen. In P6 zeigte sich ein abweichender Wert im Minimum (68 Punkte) (ebd.).

3.4. Gesundheitsbezogene QoL (KS10)

Die Ergebnisse der Verlaufswerte für die gesundheitsbezogenen QoL durch den KS10 sind in Abbildung 19 dargestellt. Direkt nach dem SMT erzielten die Trainierenden +22,97% höhere Werte in der Einschätzung ihrer Lebensqualität durch den KS10 im Vergleich zum Prätest. Folgend ergab sich in P3 eine Steigerung von +22,50%, in P6 von +21,21% und in P12 von +35,97%. Zu jedem UZP konnten höhere Zustimmungswerte im Mittelwert erhoben werden als im Prätest (Tabelle 7).

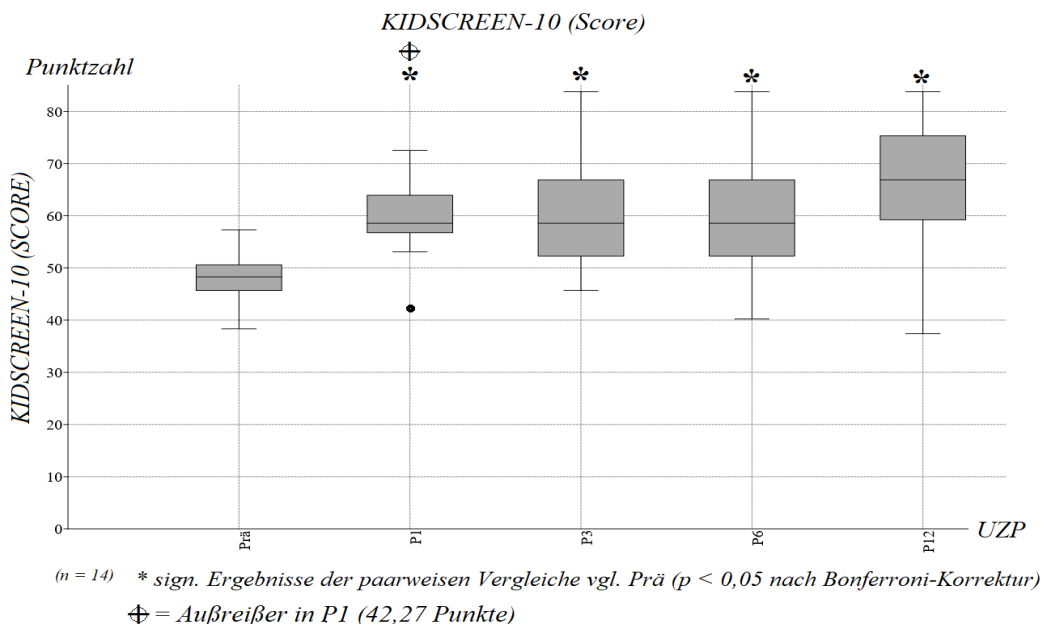


Abbildung 19: Boxplot KS10

Die Auswertung der ANOVA mit Greenhouse-Geisser-Korrektur ergab einen statistisch signifikanten MWU mit einem Signifikanzwert kleiner 0,001 ($F(2,42.31,4) = 8,65$; $\eta^2 = 0,40$).

In der Auswertung der Post-hoc-Tests konnten signifikante p-Werte für alle UZP ermittelt werden im Vergleich zum Prätest (Abb. 19). In P1 ergab sich ein Signifikanzwert von $p < 0,001$; in P3 von $p = 0,021$; in P6 von $p = 0,049$ und in P12 von $p = 0,002$.

Die geringste Datenstreuung konnte im Prätest festgestellt werden (IQA: 4,93 Punkte). Zu den folgenden UZP erhöhte sich der IQA kontinuierlich. Zu P12 war der IQA mit 16,11 Punkten am stärksten ausgeprägt. Im Prätest wurde ein Minimalwert von 38,3 Punkten und ein Maximum von 57,3 Punkten erzielt. Zu P1 stiegen die Minimalwerte (42,3 Punkte) und Maximalwerte (72,5 Punkte) an. Diese Tendenz konnte zu den folgenden UZP dargestellt werden. Ein milder Ausreißer konnte in P1 identifiziert werden (42,27 Punkte). Der Median zum Prätest lag bei 48,29 Punkten und stabilisierte sich zu P1, P3 und P6 bei 58,57 Punkten. In P12 erreichte der Median seine höchste Ausprägung (66,86 Punkte) (Abb.19).

3.5. Korrelation der Ergebnisse der Erhebungsverfahren

Die Ergebnisse der Produkt-Momentkorrelation mit Pearson's r für die Erhebungsverfahren zu P1 sind folgend in Tabelle 8 dargestellt. Für folgende Werte ergaben sich signifikante Zusammenhänge ($p < 0,05$) in der Produkt-Moment-Korrelation mit Pearson's r: Die Werte der MHK und des 6MPT wiesen eine signifikante Korrelation auf sowie die Ergebnisse der MHK_L und MRK_R untereinander. Die PA wiesen Zusammenhänge zum 6MPT auf, ebenso wie die Distanzmaße der Rollzüge und der zurückgelegten Kilometer untereinander. Für die A_min und die PACES konnten keine Zusammenhänge aufgezeigt werden. Der KS10 korrelierte mit der Distanz_km.

Korrelationen der Erhebungsverfahren zu P1

UP	r	MPT	MHK_L	MHK_R	Distanz_R	Distanz_km	A_min	PACES	KS10
MPT	r	1							
MHK_L	r	0,67*	1						
MHK_R	r	0,71**	0,8**	1					
Distanz_R	r	0,66*	0,35	0,55	1				
Distanz_km	r	0,66*	0,33	0,44	0,91**	1			
A_min	r	0,19	0,17	0,16	0,46	0,33	1		
PACES	r	0,11	0,26	0,2	0,04	0,012	,45	1	
KS10	r	0,45	0,18	0,19	0,42	0,54*	,42	,43	1

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Tabelle 8: Korrelation (Pearson's r) für alle UP in P1

4 Diskussion

In der vorliegenden Untersuchung wurden die Effekte eines kombinierten SMT der OEX für sportlich aktive Kinder und Jugendliche im Rollstuhl evaluiert und die Effekte auf die sportliche und gesundheitliche Fitness (A), die körperliche Aktivität (B), die Auswirkungen auf die Bewegungsmotivation (C) und die gesundheitliche Lebensqualität (D) bewertet.

Da sich nach dem aktuellen Wissensstand bisher keine Studie mit den Auswirkungen von spezifischem SMT der OEX auf sportlich aktive Kinder und Jugendliche befasste, wurde zur Beantwortung der Fragestellungen eine Auswertung von Trainingsdaten in einer retrospektiven Studie durchgeführt. Die Datensätze stammen aus einer spezifischen Trainingsintervention, die über 10 Wochen mit 14 sportlich aktiven Kindern und Jugendlichen aus Schulen für Körperbehinderte und einem Rollstuhlsportverein durchgeführt wurden. Nach dem SMT sollten signifikante Verbesserungen in Bezug auf die submaximale, aerobe Ausdauer, die maximale, isometrische Handkraft beider Hände (zu A), die PA im Alltag in der zurückgelegten Distanz in Rollzügen und Kilometern, sowie den Aktivitätsminuten (zu B) beobachtet werden können. Auch die Bewertung der Bewegungsmotivation in Fragebögen (zu C) und die gesundheitsbezogene Einschätzung der Lebensqualität durch Fragebögen (zu D) sollte sich verbessern.

Als zentrale Studienergebnisse können die konditionellen Verbesserungen der gesundheitlichen und sportlichen Fitness direkt nach dem SMT genannt werden. Die Verbesserungen zeigen sich in P1 in Verbindung mit einer vermehrten körperlichen Aktivität im Alltag. Die Erhöhung der Bewegungsintensität im Sinne der Aktivitätsminuten veränderte sich zwar nicht signifikant, allerdings ergaben sich prozentual starke Verbesserungen der A_min mit 65% nach dem SMT. Weiterhin konnte, trotz hoher Einstiegswerte, eine signifikant höhere Bewegungsmotivation bei den Trainierenden nach dem SMT ausgemacht werden, welche wiederholt zu allen UZP dargestellt werden konnte. Auch die gesundheitliche QoL zeigte signifikante Verbesserungen nach dem SMT und zu allen UZP.

Dies ist die erste Studie, die sich mit einem kombinierten SMT der OEX für eine definierte Klientel befasst und dessen Auswirkungen auf konditionelle Faktoren der gesundheitlichen und sportlichen Fitness, körperliche Aktivität, Motivation und QoL untersuchte. Als erste Arbeit beschreibt sie die Auswirkungen von SMT auf die konditionelle Leistungsfähigkeit und vergleicht sie mit Auswirkungen auf die PA und der QoL über einen der im Vergleich zur aktuellen Literatur längsten Untersuchungszeiträume von einem Jahr. Die Nachuntersuchungszeit in anderen Interventionsstudien variierte von Testdesigns, die lediglich

direkt nach der Interventionszeit maßen (169-171), bis hin zu Folgeuntersuchungen mit einem Ausmaß von maximal sechs Monaten (7, 94, 111, 172). Die vorliegenden Ergebnisse lassen demnach theoretische Überlegungen zu mittelfristigen Effekten in Bezug auf die Abhängigkeit von Trainingsreizen und der Stabilisierung von Bewegungsmotivation durch Interventionen zu. Eine weitere Stärke der vorliegenden Studie lag in der spezifischen Trainingskonzeption sensomotorischer Übungen, die speziell auf die Voraussetzungen und Bedürfnisse sportlich aktiver Kinder und Jugendlicher im Rollstuhl ausgerichtet wurden, da keine spezifischen Arbeiten für SMT der OEX für Rollstuhlfahrer*innen vorhanden waren. So konnte die vorliegende Studie in zwei Validierungsphasen die bisherige Studienlage für SMT der OEX bei Gesunden mit den Trainingszielen der Zielgruppe kombinieren, um folgend ein semistandardisiertes SMT durchzuführen. Auch das Untersuchungskonzept und die verwendeten Testverfahren wurden nach Empfehlungen von Van Brüssel et al. (2011) (101) standardisiert und mit der Auswahl validierter und objektivierbarer Testverfahren für Kinder und Jugendliche im Rollstuhl im Vorfeld konzipiert. Somit war die methodische Güte für das Trainingsdesign in der Auswertung für die retrospektive Studie sichergestellt und kann in Folgestudien zur direkten und indirekten Vergleichbarkeit anderer Arbeiten für sportlich aktive Kinder im Rollstuhl herangezogen werden.

Durch den methodischen Einsatz subjektiver Belastungsparameter im HIT ließ sich trotz der heterogenen Alters- und Leistungsspanne ein gemeinsames Training durchführen, das ohne Überforderung zu Verbesserungen in der Trainingsgruppe führte. Gleichartige Ansätze wurden bei Kindern und Erwachsenen im Rollstuhl bereits erfolgreich durchgeführt (93, 94, 111, 173, 174). Neu ist hier die Verknüpfung des HIT mit sensomotorischen Trainingsinhalten für Kinder und Jugendliche. Mit einer Trainingsdauer von etwa 30 Minuten und einer Trainingshäufigkeit von einmal Training pro Woche liegt das SMT unter den generellen Empfehlungen für die Trainingshäufigkeit von Sport und körperlicher Aktivität für gesunde Kinder (175, 176). Da das SMT im vorliegenden Fall auf sportlich aktive Rollstuhlfahrer*innen abzielte, lag der Fokus nicht in der grundlegenden Förderung sportlicher Bewegung, sondern in der Optimierung und spezifischen Ergänzung sportlicher Betätigung (177, 178).

Bisherige Interventionsstudien für Aktivität bei Kindern im Rollstuhl befassten sich mit Auswirkungen auf die allgemeine körperliche Aktivität und sind andernorts detailliert vorgestellt (6, 47, 179). Trainingsinterventionen für den Schulterkomplex und die OEX sind in der Regel bei Rollstuhlfahrer*innen mit Krankheitsbildern abseits der sportlichen Leistungsfähigkeit (6, 114, 170, 180-190), bei erwachsenen sportlich aktiven Rollstuhlfahrer*innen (88, 160, 161, 169, 191-193) oder bei Kindern im Rollstuhl für

allgemeine körperliche Interventionen, ohne expliziten sportlichen Bezug (95, 171, 183, 194-196) durchgeführt worden. Damit bildet der Schwerpunkt auf sensomotorische Trainingsschwerpunkte ein qualifizierendes Alleinstellungsmerkmal des ausgewerteten Trainings.

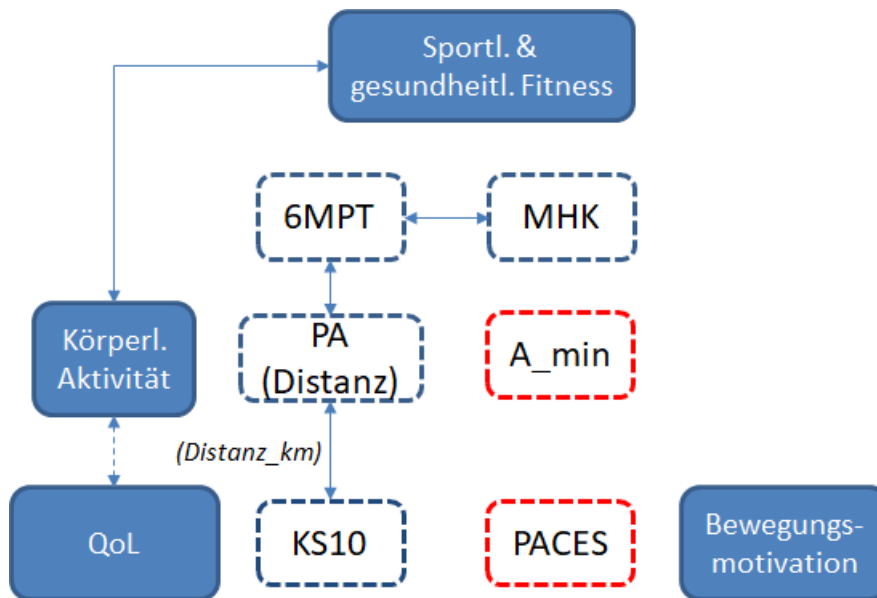
In Bezug auf die kleine Gruppengröße wiesen vergleichbare Studien mit jungen Rollstuhlfahrer*innen ähnliche Gruppengrößen auf. In der Studie von García-Gómez et al. (2019) (88) waren in der Untersuchung von 36 erwachsenen Rollstuhlsportler*innen 13 Rollstuhlfahrer*innen eingeschlossen, die den Rollstuhl Vollzeit nutzten. Die anderen Teilnehmer*innen nutzten den Rollstuhl ausschließlich als Sportgerät. In den Untersuchungen von Zwinkels et al. (2018 und 2019) (7, 94) wurde unter den 70 Kindern mit Körperbehinderungen eine Gesamtzahl von neun Rollstuhlfahrer*innen inkludiert. Die rollstuhlspezifischen Untersuchungen fanden in einer Größe von drei Proband*innen in der Interventionsgruppe statt (7). Bergamini et al. (2015) (197) konnten in einer ähnlichen Studie zu einem Trainingsprogramm für jugendliche Basketballspieler ($\bar{x} = 17,1$ Jahre) insgesamt zwölf Proband*innen einschließen, von denen sechs die Interventions- und sechs die Kontrollgruppe bildeten. Ähnliche Gruppengrößen stellen sich bei anderen Studien für Interventionsstudien bei Kindern im Rollstuhl heraus (171, 178, 198). Davon ausgehend unterscheidet sich die Gruppengröße in der vorliegenden Studie nicht von bisher durchgeführten Arbeiten zu sportlichen Trainingsuntersuchungen für sportlich aktive Rollstuhlfahrer*innen.

4.1 Auswirkungen von SMT auf die gesundheitliche und sportliche Fitness

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie verweisen auf eine Verbesserung der gesundheitlichen und sportlichen Fitness durch sensomotorische Übungen, die sich kurzfristig in konditionellen Verbesserungen widerspiegeln. Sowohl die submaximale, aerobe Ausdauer, als auch die maximale isometrische Handkraft verbesserten sich signifikant bei den Trainierenden nach einem zehnwöchigen SMT der OEX. Mit starken Effekten (6MPT $\eta^2 = 0,42$; MHK_L $\eta^2 = 0,34$; MHK_R $\eta^2 = 0,28$) konnte ein Zusammenhang zwischen dem SMT und Verbesserungen der konditionellen Tests ermittelt werden. In den Post-hoc-Tests waren die Verbesserungen kurzfristig für alle UP in P1 darstellbar. Dieser Effekt variierte in den Folgeuntersuchungen erwartungsgemäß ohne weiteren Trainingsreiz.

Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass die Nullhypothese für Fragestellung eins abgelehnt werden muss. Ein kombiniertes SMT der OEX hat positive Auswirkungen auf die

gesundheitliche und sportliche Fitness für sportlich aktive Kinder und Jugendliche im Rollstuhl. Dieser Effekt kann kurzfristig, direkt nach dem SMT dargestellt werden. Die Effekte sind mittelfristig nur noch bedingt darstellbar. Dementsprechend gilt die Einschränkung, dass das SMT kurzfristige, positive Effekte auf die gesundheitliche und sportliche Fitness vorweisen kann.



Pfeile zeigen zweiseitig signifikante ($p < 0,05$) Korrelationen (Pearson's r) für die UP an

Abbildung 20: Zusammenhänge der Untersuchungsparameter mit Pearson's r

Die Ergebnisse des Korrelationskoeffizienten mit Pearson's r verweisen auf signifikante Zusammenhänge zwischen den konditionellen Leistungen untereinander (MHK und 6MPT). Obwohl in der MHK_L eine stetige Verbesserung beobachtet werden konnte, die nicht in der MHK_R nachweisbar war, konnte ein Zusammenhang der Maximalkraft in der dominanten und nicht-dominanten Hand ausgemacht werden. Da für die meisten Trainierenden die Linke die nicht-dominante Hand war, ist es für Folgeuntersuchungen interessant, inwieweit derartige Kraftverbesserungen durch die neuromuskuläre Verbesserung der Rekrutierung und Frequentierung der Muskulatur zustande kam.

Die MHK korrelierte außerdem mit den Ergebnissen des 6MPT signifikant. Das heißt, die gesundheitliche und sportliche Fitness wies für die Trainierenden in der vorliegenden Studie einen erkennbaren Zusammenhang auf. Es bestand ein zweiseitiger Zusammenhang zwischen der allgemeinen Maximalkraft und der submaximalen, aeroben Ausdauer als konditionelle Leistungsvoraussetzungen, die durch SMT kurzfristig positiv beeinflusst werden konnten. Die Verbesserung der Maximalkraft ist für die Trainingswissenschaft eine determinierende Größe

für andere konditionelle Leistungen (52, 59). In der vorliegenden Studie konnten die Verbesserungen nicht durch primär konditionelle, sondern durch sensomotorische Trainingsreize erzeugt werden. Dieser Zusammenhang lässt mögliche Rückschlüsse auf die konditionelle Beeinflussung durch SMT und die Ergänzung spezifischer, konditioneller Trainingsmaßnahmen der OEX bei Kindern im Rollstuhl mit sensomotorischen Reizen zu. SMT kann somit potenziell zur Leistungsverbesserung der OEX innerhalb der intra- und intermuskulären Koordination beitragen (28).

Die Auswirkungen von SMT auf die submaximale Ausdauer oder Kraftfähigkeit für Rollstuhlfahrer*innen sind bisher kein Studiengegenstand gewesen. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit können somit nur mittelbar mit anderen Ergebnissen verglichen werden. Turner et al. (2003) (199) wiesen in Untersuchungen zu Effekten von SMT auf die Laufökonomie bei 21 sportlich aktiven Personen nach plyometrischem Training einen signifikanten Effekt auf die zurückgelegte Strecke im Vergleich zur maximalen Sauerstoffkapazität ($VO_2max.$) nach. In Bezug auf die Studienergebnisse für die submaximale aerobe Ausdauer könnte eine Verbesserung der Bewegungsökonomie im Rollstuhl die Effekte erklären. Somit decken sich die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit mit Effekten von SMT auf die Bewegungsökonomie als limitierender Ausdauerfaktor. Für Kinder im Rollstuhl konnte eine Verbesserung der gesundheitlichen Fitness durch Intervalltraining mit Rollstuhlsprints ebenso erzeugt werden (95). Hier deckt sich die Methodenwahl und der Belastungsansatz des all out approaches mit der vorliegenden Arbeit. Die subjektiv intensiven Belastungsintensitäten erzeugten eine Verbesserung der aeroben Ausdauer, jedoch keine Verbesserung der VO_2max (ebd.), was als bestärkendes Indiz für die sensomotorische Verbesserung der Bewegungsabläufe sprechen könnte.

Für die vorliegende Arbeit ist besonders hervorzuheben, dass die gesundheitliche und sportliche Fitness ohne explizite Übungen für die aerobe Ausdauer oder die Maximalkraft verbessert wurde. Um die Verbesserungen der Fitness als konditionellen Leistungszuwachs zu deuten, hätte es weiterer Trainingsreize pro Woche bedurft. Allgemeine Aktivität hat keine Auswirkungen auf die Maximalkraft, da die Spezifität und die Reizintensität der Bewegungen ausschlaggebend für muskuläre Adaptionenprozesse sind (59, 89). Demnach kann die verbesserte Fitness als weiterer Hinweis auf eine Verbesserung der neuromuskulären Ansteuerung innerhalb des Trainings interpretiert werden. Eine Adaption auf dieser Ebene erklärt, warum Verbesserungen im Maximalkraftbereich auch ohne Krafttraining zustande kamen. Der Einfluss des SMT auf die Adaptionsebenen der neuromuskulären Kontrolle, auf die Propriozeption und die Interaktion muskulärer Synergisten kommen für eine Verbesserung

der Kraftwerte fernab vom konditionellen Leistungszuwachs in Frage (46, 57, 200). Ein natürliches Wachstum der Kinder und Jugendlichen kommt für die Leistungszuwächse über den Trainingszeitraum von zehn Wochen nur sehr unwahrscheinlich in Frage. Da sich konditionell bedingte Leistungszuwächse mit der Zeit normalisieren, ist von einem trainingsassoziierten Effekt auszugehen. Um wachstumsbedingt zu sein, hätten sich die konditionellen Verbesserungen zu den UZP stabil halten müssen. Der natürliche Kraftzuwachs hat über den gesamten Untersuchungsverlauf in den Verlaufswerten eher einen tendenziellen Anteil. Über die UZP würde dieser Zuwachs allerdings die konditionellen Verbesserungstendenzen ohne weiteren Trainingsreiz erklären.

In Bezug auf die Auswirkungen von Schwingstabtraining konnten Jerosch et al. (2002) (28) in einer Pilotstudie mit 32 subacromialen Impingement-Patienten eine Verbesserung im Constant-Score und im UCLA-Score nach einem 4-wöchigen propriozeptiven Training mit Schwingstäben feststellen. Da die Kräftigung der RM und der schulterblattumgreifenden Muskulatur dabei eine Rolle spielt und die Studie ebenfalls mit Schwingstäben durchgeführt wurde, kann die Studie indirekt zum Vergleich herangezogen werden. In der Beurteilung wird die mögliche intraartikuläre Reizung diverser Kapselanteile der Schulter durch SMT angeführt (ebd.), welche sich durch evozierte Potenziale im sensomotorischen Kortex nachweisen lässt (201). Diese Mechanismen könnten ursächlich für die konditionellen Verbesserungen der vorliegenden Studie sein. Jerosch et al. (2002) (ebd.) trainierten ihre Patientengruppe wesentlich kürzer, allerdings viermal pro Woche. In dieser kurzen Zeit ist eine rein konditionelle Adaption der Schulter auf die Trainingsreize unwahrscheinlich. Daher deuten sie ihre Verbesserungen als Indiz für eine Beteiligung des zentralnervalen, sensomotorischen Systems bei Verletzungen der Schulterkapselstrukturen, um den Effekt des SMT bei Subacromialsyndromen zu begründen. Ähnliche Wirkmechanismen könnten demnach den konditionellen Verbesserungen in der vorliegenden Untersuchung zugrunde liegen, da die Trainingsmethodik der von Jerosch et al. (2002) (ebd.) ähnelt und konditionelle Verbesserungen nach zehnwöchigem Training nicht ausschließlich konditionell zu erklären sind. Daher ist davon auszugehen, dass die sensomotorischen Trainingsreize einen Effekt auf die Ebenen intra- und intermuskulärer Ansteuerung, sowie intersegmentaler Koordination bei der Fortbewegung im 6MPT haben könnte und die willkürliche Ansteuerungsfähigkeit der Muskulatur bei den Maximalkrafttests positiv beeinflusst haben könnte.

Die höhere Muskelaktivität könnte die Grundlage für eine Verbesserung der neuromuskulären Kontrolle sein, um die konditionellen Verbesserungen der vorliegenden Arbeit zu argumentieren. Kim et al. (2016) (135) bringen in diesem Zusammenhang auch die

Verbesserung der intermuskulären Koordination durch geminderte Aktivität des ascendentes M. Trapezius an, welche folgend motorische Dysbalancen verursacht. Die Leistung würde so kraftsparender erbracht, da weniger muskuläre Interferenzen während der Bewegung stattfinden und das zentralnervale Bewegungsprogramm optimaler motorisch umgesetzt werden kann. Konträr dazu konnte Boarati et al. (2020) (141) keinen Effekt auf die muskuläre Aktivierung durch propriozeptive Übungen mit dem Schwingstab bei 50 Patient*innen mit Subacromialsyndrom aufzeigen im Vergleich zu einer asymptomatischen Kontrollgruppe.

Dilek et al. (2016) (45) konnten bei Patient*innen mit Subacromialsyndrom Verbesserungen der konditionellen Kraftfähigkeit nach sechs Wochen propriozeptiven Trainings identifizieren. Diese waren auch im Vergleich zu konservativer Behandlung stärker ausgeprägt. In einer Follow-Up-Untersuchung zwölf Wochen nach dem SMT war kein Effektunterschied zwischen den Gruppen mehr erkennbar. Diese Ergebnisse zur relativen Verbesserung der Kraftfähigkeit decken sich mit den Resultaten der vorliegenden Arbeit.

Studien zur Messung der Muskelaktivität bei Intervalltraining mit dem Schwingstab ermittelten eine signifikant höhere Muskelaktivität des M. subscapularis verglichen zur Kontrollgruppe (138). Die Adaption der Willkürbewegung auf die Eigenfrequenz des Schwingstabes resultiert in einer starken Aktivierung der sensorischen Alpha-Motoneuronen-Äste der Muskelspindeln (202). Diese Ansteuerung führt nicht nur zu einer Aktivierung des Zielmuskels, sondern auch zu einer Co-Aktivierung der umliegenden Stabilisationsmuskulatur. Eine derartige erhöhte Aktivierung der Muskulatur könnten die höheren Kraftwerte in der vorliegenden Arbeit begründen (203).

4.2 Auswirkungen von SMT auf die allgemeine körperliche Aktivität

In der ANOVA konnten starke Effekte ($\eta^2 = 0,49$ für D_R bzw. $0,47$ für D_{km}) für den vermehrten Bewegungsumfang im Zusammenhang mit dem Training verzeichnet werden. Auch in den Post-hoc-Tests waren die Verbesserungen direkt nach dem SMT und zu P3 und P6 signifikant darstellbar im Vergleich zum Prätest. Die Distanzwerte der approximierten Rollzüge und der zurückgelegten Kilometer korrelieren stark miteinander und wiesen eine hohe Deckungsgleichheit auf. Die Ergebnisse wiesen zu den Verlaufszeitpunkten eine sehr viel größere Streuung auf als zum Prätest. Das lässt vermuten, dass die Durchschnittswerte der Trainierenden sich signifikant verbesserten, aber die Ausprägungen dieser Verbesserungen individuell stark variierten. Die Verbesserungen normalisierten sich zu den UZP ohne Trainingsreiz wiederum, was für eine rückläufige Aktivitätstendenz ohne externe

Trainingsreize spricht. Die signifikante Verbesserung ohne Trainingsreize lässt dennoch vermuten, dass die PA allgemein mittelfristig positiv beeinflusst werden konnte.

Für die aktive Bewegungszeit im Sinne der Aktivitätsminuten (A_min) ließen sich zwar signifikante Unterschiede in der ANOVA darstellen, jedoch keine signifikanten Veränderungen in den Post-hoc-Tests demonstrieren. Obwohl direkt nach dem SMT in der Trainingsgruppe durchschnittlich 64% mehr Zeit im Belastungsniveau der A_min verbracht wurde, waren die Ergebnisse, verglichen zum Prätest, nicht statistisch signifikant in P1. Dieser Umstand lässt sich mit der vermehrten Streuung der Werte in der Trainingsgruppe erklären. Die Minimalwerte variieren von drei bis 30 Minuten zu den UZP, während die Maximalwerte zwischen 217 und 594 Minuten stark schwanken. Nach dem SMT lässt sich eine Tendenz zu mehr aktiver Bewegungszeit bei einzelnen erkennen. Zu den UZP fiel dieser Wert sukzessive auf den durchschnittlichen Ursprungswert in P12 zurück. Eine mögliche Ursache dafür ließe sich in der Charakteristik von alltäglicher Aktivität finden, da die alltäglichen Belastungen der Trainierenden sich weitestgehend unterhalb einer sportlich relevanten Belastung abspielen.

Aus den Ergebnissen der Aktivitätsmessung lässt sich schließen, dass die Nullhypothese für Fragestellung zwei abgelehnt werden muss. Ein spezifisches, kombiniertes SMT der OEX hat positive Auswirkungen auf die allgemeine körperliche Aktivität für sportlich aktive Kinder und Jugendliche im Rollstuhl. Eingeschränkt wird dieses Urteil in Bezug auf die Bewertung der Bewegungsintensität im Alltag. Quantitativ konnte eine vermehrte, körperliche Aktivität zu den UZP dargestellt werden, welche sich jedoch nicht in ihrer Intensität veränderte. Dieser Effekt konnte direkt nach dem SMT und mittelfristig bis P6 ohne weiteren Trainingsreiz dargestellt werden. Somit gilt als weitere Einschränkung, dass der Bewegungsumfang kurzfristig positiv beeinflusst wurde.

Die Verbesserungen der Bewegungsumfänge in Rollzügen und Kilometern korrelierten zweiseitig signifikant miteinander und mit dem 6MPT. Demnach konnte in der vorliegenden Studie ein Zusammenhang zwischen den Fitnesswerten und den Bewegungsumfängen der PA dargestellt werden. Die konditionellen Verbesserungen durch das SMT wirkten sich potenziell positiv auf die PA aus. Damit spiegeln sich die trainingswissenschaftlichen Annahmen über konditionelle Voraussetzungen als determinierende Leistungsgrößen für die PA indiziell wider (52). Während Kinder im Rollstuhl durch reines Krafttraining in Bezug auf die PA nicht profitieren (47), wirkte sich in der vorliegenden Arbeit ein SMT positiv sowohl auf konditionelle Leistungsvoraussetzungen, als auch auf die PA aus. Es ist zu überprüfen, auf welche Weise die beobachteten, funktionalen Verbesserungen der PA zustande kamen. Vorstellbar ist eine Verbesserung der intra- und intermuskulären Koordination der OEX,

welche eine ergonomischere und effizientere Fortbewegung im Rollstuhl ermöglicht haben könnte.

Im Review von O'Brien et al. (2016) (47) konnte im Zuge sportlicher Trainingsinterventionen für Kinder im Rollstuhl keine Steigerung der objektivierbaren PA gemessen werden. Großteilig kamen dafür keine direkten Erhebungsmethoden, wie Aktivitätstracker zum Erfassen der körperlichen Aktivität, zum Einsatz. Damit steht das vorliegende Studienergebnis konträr zu den Bewertungen von O'Brien et al. (2016) (ebd.). Während kombinierte Interventionen aus individuell angepasster PA und Beratung zwar zu einer subjektiv eingeschätzten Verbesserung führte, konnte objektiv keine Verbesserung festgestellt werden (185, 204). In diesem Zusammenhang konnte durch das SMT in der vorliegenden Arbeit eine objektive Verbesserung nach dem SMT für die Trainierenden festgestellt werden. O'Brien et al. (2016) identifizierten bei der Studienselktion eine starke Variation der Trainingsmethodik in Bezug auf Übungsauswahl, Belastungsintensität, trainierte Muskelgruppen etc., was sie als Grund für die unterschiedliche Wirksamkeit auf die PA diskutierten. Außerdem wurden sehr unterschiedliche Erhebungsverfahren und Protokolle zur Bestimmung der Effekte benutzt. Deckungsgleich mit der vorliegenden Studie konnten sie im Review keine Intervention ausfindig machen, die zu negativen Veränderungen oder ernsthaften Nebenerscheinungen führten (ebd.). Trotz großer Varianz in der Trainingsplanung und Trainingssteuerung gelten Trainingsinterventionen für Kinder im Rollstuhl als sicher und risikoarm durchführbar.

Slaman et al. (2015) (204) konnten innerhalb einer Kombination aus Heimtraining, Gruppentraining und Supervision lediglich eine verbesserte, subjektive Wahrnehmung auf die PA bei Kindern mit CP im Rollstuhl darstellen. Diese zeigte sich jedoch nicht in der direkten Erhebung der PA (204). Auch Untersuchungen von Buffart et al. (2008) (5, 205) konnten in der objektiven Erfassung der PA keine Unterschiede zwischen sportlich aktiven und nicht-aktiven Personen mit Myelomenigozele ausmachen (89). Zwinkels et al. (2015 und 2018) (7, 194) argumentierten für das Auslassen kurzfristiger Messungen der PA in ihren Studien zu heim- und schulbasierten Trainingsprogrammen, da keine kurzfristigen Effekte zu erwarten seien. In den Ergebnissen kam nach sechs Monaten keine Veränderung der Aktivitätsgewohnheiten in der Interventionsgruppe zustande. Zwinkels et al. (2018) empfahlen, Aktivitäten in den Schulalltag einzubinden und speziell auf die Zielgruppe anzupassen. Das vorliegende SMT nahm sich diesem Hinweis zur Konzeption der Trainingsorganisation an, indem die Ziele und die organisatorischen Abläufe an die Bedürfnisse der sportlich aktiven Kinder und Jugendlichen im Rollstuhl angepasst und in den Schul- und Vereinsalltag eingebunden wurden.

In Bezug auf mögliche Begründungen für Verbesserungen der PA durch Trainingsinterventionen führen Bloemen et al. (2019) (6) in ihrer Beobachtungsstudie zur PA bei Jugendlichen im Rollstuhl mit Spina bifida an, dass die pulmonale Ausdauer allein keinen Einfluss auf die PA im Alltag hat. Dementsprechend sind konditionelle Leistungsverbesserungen allein nicht für eine Steigerung der PA verantwortlich, obwohl sie wie in der vorliegenden Studie korrelieren können. Rammer et al. (2019) (206) bemerken dagegen, dass therapeutische Trainingsinterventionen Auswirkungen auf die Fortbewegungsmuster (propulsion pattern) haben, da sie als Prädiktor für Therapieeffekte wirken. Diese koordinative Verbesserung der Bewegungsmuster durch SMT dient in der vorliegenden Studie als potenzielle Begründung für die verbesserte PA. Derartige zentralnervale Anpassungen von Bewegungsmustern als Reaktion auf SMT führt auch Gisler-Hofmann als Adaptionsmechanismen zu sensomotorischen Reizen an, die mit derartigen Effekten vereinbar sind (58). Demnach könnte die Verbesserung der intermuskulären und intersegmentalen Koordination und die Optimierung muskulärer Kontraktionsmuster innerhalb der Bewegungsabläufe zu einer einfacheren Fortbewegung und erhöhter PA geführt haben.

Bezogen auf die Bewegungsintensität weisen Kinder und Jugendliche im Rollstuhl weniger Aktivitätszeit mit geringeren Intensitäten auf, im Vergleich zu gesunden Vergleichsgruppen (6, 114, 188). De Groot et al. (2012) (106) beschreiben, dass motorische Einschränkungen die Möglichkeit limitieren, maximale Intensitäten (peak aerobic capacity) zu erreichen. Dies könnte ebenfalls als Ursache in die geringeren Intensitätslevel hineinspielen. Hier decken sich die Beobachtungen zur Bewegungsintensität im Alltag mit den existierenden Arbeiten. Da es sich in der vorliegenden Arbeit um sportlich aktive Rollstuhlfahrer*innen handelt, sind die Studienergebnisse nur für sportlich aktive Jugendliche im Rollstuhl aussagekräftig. Die große Streuung der Aktivitätsminuten verweist auf einen stark unterschiedlichen Umgang mit der alltäglichen Aktivität bei den einzelnen Trainierenden, sodass die allgemeine Aussagekraft über die Aktivitätsintensität hier nur begrenzt getroffen werden kann. Als möglicher Faktor fällt das Alter der Trainierenden in der vorliegenden Studie ins Gewicht. Da die Altersspanne von acht bis 17 Jahren differiert, ist der Einfluss des Alters auf die Intensitätslevel zu berücksichtigen. Neben motorischen Merkmalen, ist die PA ein multimodales Geschehen, das sich auch aus motivationalen und sozialen Determinanten zusammensetzt (207-209). Bei der Beurteilung der Korrelationskoeffizienten konnte in dieser Studie jedoch kein Zusammenhang zwischen der Bewegungsmotivation und der PA identifiziert werden, obwohl beide UP signifikant bessere Ergebnisse zum Prätest bis P6 vorweisen.

4.3 Auswirkungen von SMT auf die Bewegungsmotivation

Die Erhebung der Bewegungsmotivation durch die PACES ergab eine signifikante Verbesserung in der ANOVA mit einem starken Effekt in Zusammenhang mit dem Training ($\eta^2 = 0,54$). Die Auswertung der Post-hoc-Tests ergab zu jedem UZP signifikante Verbesserungen im Vergleich zum Prätest. Innerhalb des SMT konnte zu den UZP demnach eine erhöhte Bewegungsmotivation verzeichnet werden. Aus den Ergebnissen lässt sich schließen, dass die Nullhypothese für die Fragestellung drei abgelehnt werden muss. Ein kombiniertes SMT der OEX hat mittelfristig positive Auswirkungen auf die Bewegungsmotivation für sportlich aktive Kinder und Jugendliche im Rollstuhl. Diese Effekte waren auch ohne weiteren Trainingsreiz über die Zeit wiederholt nachweisbar.

In der vorliegenden Studie lagen die Einstiegswerte der Trainierenden im Prätest überdurchschnittlich hoch (MW in Prä: 67 von 80 Punkten). Dieser Umstand ist mit ihrer positiven Einstellung zu sportlicher Aktivität zu erklären und war zu erwarten. In Bezug auf die hohen Eingangswerte war eine Verbesserung der Testergebnisse in der PACES fraglich. Dennoch konnten signifikante Verbesserungen wiederholt nachgewiesen werden. Während die Maximalwerte im Prätest (79 von 80 Punkten) sich nicht eklatant steigern konnten, war ein Anstieg der Minimalwerte auf 68 Punkte nach dem SMT zu verzeichnen, in Kombination mit einem höheren Medianwert von 65,5 Punkten in Prä auf 75,5 Punkte oder höher in den P1 bis P12. Somit fand auch bei grundständig motivierten Kindern und Jugendlichen im Rollstuhl eine Steigerung der Bewegungsmotivation im Zuge des SMT statt, die sich über die UZP wiederholt stabil darstellen ließ. Obwohl sich die Bewegungsmotivation stabil zu den UZP verbesserte, ließen sich keine Zusammenhänge zu anderen Untersuchungsgrößen im Korrelationskoeffizienten ausfindig machen. Die Beeinflussung der Bewegungsmotivation als multimodales Konstrukt lässt sich dementsprechend nicht in direkten Abhängigkeiten darstellen. Außerdem ist bei bereits sportlich hoch motivierten Personen davon auszugehen, dass die Motivation bereits einer der hauptsächlichen Bewegungsanreize darstellt und somit keine weitere Verbesserung ausmacht.

In Untersuchungen zu Aqua-Fitnessstraining bei elf Kindern mit CP und unterschiedlichen motorischen Einschränkungen konnten signifikante Verbesserungen in der PACES zwischen Test- und Kontrollgruppe erreicht werden ($\Delta_x = 10$ Punkte, $p = 0.015$) (186). Es wurden keine Angaben zu den PACES-Werten des Prätests dargestellt. Im Ergebnis konnten Lai et al. (2015) (186) allerdings auch bei starken motorischen Einschränkungen eine Verbesserung der PACES

durch die Trainingsintervention feststellen. Die Ergebnisse decken sich mit der vorliegenden Studie mit sportlichen Trainierenden, trotz hoher Einstiegswerte. In einer Pilotstudie von Andrade et al. (1991) (198) konnten ähnliche Verbesserungen für ein positives Selbstbild und der Selbstwirksamkeitserwartung durch sportliche Interventionen bei Kindern mit Spina bifida beobachtet werden. Eine höhere Selbstwirksamkeitserwartung als Ergebnis von eigenen Erfolgserlebnissen, externen Ermutigungen und emotionalem Affekt kann als mögliche Begründung zur Steigerung der intrinsischen Bewegungsmotivation angeführt werden (210). Die positive Attribution der erbrachten Leistung geht bei sportlicher Betätigung häufig mit einer gesteigerten Selbstwirksamkeit einher (211, 212). In diesem Zusammenhang kann es sinnvoll sein, die expliziten Auswirkungen derartiger Interventionen auf die Selbstwirksamkeitserwartung als Ursachen für vermehrte Bewegungsmotivation zu untersuchen.

Shields und Synnot (2016) (92) identifizierten für Kinder mit körperlichen Behinderungen eine Reihe von negativen Motivatoren, welche sie direkt und indirekt von körperlicher Aktivität abbringen. Negative Motivatoren stellen organisatorische, emotionale und soziale Einstiegshürden dar, welche zu einem negativen Affekt in Bezug auf Sport und Bewegung für Kinder mit Behinderung führen. Der Einfluss der Freude an Bewegung hat demnach direkte Auswirkungen auf die körperliche Aktivität (213, 214). Für die vorliegende Arbeit wurde anhand der Ausführungen eine Zusammenfassung der Empfehlungen verfasst und als Orientierung für eine motivierende und ansprechende Intervention für junge, sportlich aktive Rollstuhlfahrer*innen verwendet (215). Bezogen auf die Motive, war die vorliegende Zielgruppe demnach positiv zugunsten von Bewegung eingestellt und hatte ein positives Motivbild für sportliche Aktivität, welches sich im Zuge der Intervention auf die PA im Alltag ausgeweitet haben könnte. Derartige Bewertungen sind auf die Dauer häufig an die positiven Erinnerungen des Trainings geknüpft (216). Die positiven Erinnerungen an das Training und die Trainerinteraktion könnten einen Teil der Langlebigkeit des Effekts erklären.

In den Untersuchungen von Baksjøberget et al. (2017) (217) wurde die Interaktion zwischen Teilnahmequote und der Bewegungsmotivation (enjoyment) bei Kindern mit motorischen Einschränkungen über 15 Monate hinweg untersucht. Dabei stellte sich eine subsequente Minderung der Teilnahme in Verbindung mit schwindender Motivation dar (217). Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigten einen positiven Einfluss auf die Bewegungsmotivation der Trainingsgruppe nach dem SMT, die sich vermutlich auch in einer hohen Adhärenzquote widerspiegelte. Dementsprechend können sich die Ergebnisse der vorliegenden Studie in die von Baksjøberget et al. (2017) einreihen. Zu bemerken ist eine starke

Gewichtung zugunsten männlicher Teilnehmer. Da vereinsorientierte Sportangebote für Kinder und Jugendliche im Rollstuhl tendenziell eher von Jungen wahrgenommen werden, war eine derartige Gewichtung zu erwarten (1).

Bewegungsmotivation als Freude an Bewegung gilt als potenzieller, korrelierender Moderator für körperliche Aktivität (218). Dieser Zusammenhang zwischen hoher Bewegungsmotivation und hohen Bewegungsumfängen konnte zwar in der vorliegenden Studie parallel dargestellt werden, aber nicht als interagierender Zusammenhang ausgemacht werden. Die Effekte konnten signifikant dargestellt werden, aber nicht als beeinflussendes Moment von PA und Bewegung verknüpft werden. Obwohl die subjektive Wahrnehmung von Einstiegshürden Kinder mit motorischen Einschränkungen von sportlicher Partizipation abhält (92, 218), konnte hier kein Umkehrschluss für die Steigerung der PA durch eine verbesserte Bewegungsmotivation gezogen werden.

4.4 Auswirkungen von SMT auf die gesundheitliche Lebensqualität

Die Auswertung der Ergebnisse der gesundheitlichen QoL mit dem KS10 ergab signifikante Verbesserungen in der ANOVA mit einem starken Effekt in Zusammenhang mit dem SMT ($\eta^2 = 0,40$). Die Post-hoc-Tests zeigten signifikante Verbesserungen zu allen UZP im Vergleich zum Prätest. Die gesundheitliche QoL verbesserte sich prozentual zu den UZP um 21 bis 36 %, verglichen zum Prätest. Das entspricht einer durchschnittlichen Verbesserung von 10 Punkten bis 17 Punkten im KS10. Im Verlauf veränderten sich die Minimalwerte nur tendenziell. Allerdings verbesserte sich der Median konstant und erreichte seinen Höchstwert in P12. Die Streuung der Werte stieg über die UZP sukzessive an. Diese Umstände deuten auf eine stabile Verbesserung der QoL hin, welche sich allerdings bei den einzelnen Trainierenden unterschiedlich stark ausprägte.

Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass die Nullhypothese für Fragestellung vier abgelehnt werden muss. Ein kombiniertes SMT der OEX hat kurzfristig und mittelfristig positive Auswirkungen auf die gesundheitliche QoL für sportlich aktive Kinder und Jugendliche im Rollstuhl. Diese kann zu den UZP auch ohne weiteren Trainingsreiz dargestellt werden und hat somit eine stabile Disposition. Da die QoL eine komplexe und vielseitig beeinflusste Messgröße darstellt, lässt sich kein eindeutiger Zusammenhang zwischen den positiven Effekten auf die QoL und dem SMT ableiten.

Die Ergebnisse der Trainingsgruppe lagen zu Beginn der Untersuchung knapp unter dem statistischen Mittel der allgemeinen Testkonzeption des KS10 (MW = 50 Punkte) (130). Die

gesundheitliche QoL ist als komplexe und abstrakte Kenngröße schwierig zu messen. Die Ergebnisse des KS10 gehen auf die Dimensionen körperlicher und mentaler Gesundheit, sowie gesundheitlicher Lebensqualität ein. Somit lagen die Ausgangswerte der vorliegenden Trainingsgruppe (MW: 48,62; SD: 4,65 Punkte) im Durchschnitt unter den Referenzwerten für gesunde Kinder (MW: 50,33; SD: 9,58 Punkte) und über denen von Kindern mit gesundheitlichen Einschränkungen (special health care needs) (MW: 47,38; SD: 8,84 Punkte) (Vgl. (130) S.57). In Bezug auf den sozialen Rückhalt lagen die Trainierenden der vorliegenden Gruppe ebenfalls knapp unter dem Durchschnitt für Kinder mit sozial gutem Rückhalt (MW: 50,43; SD: 9,40) und deutlich über der Score für Kinder mit schlechtem sozialen Rückhalt (MW: 41,60; SD: 7,44) (ebd. S. 62). Gemessen an den internationalen Schwellenwerten des KS10 (45 – 55 Punkte), lag die Trainingsgruppe somit in den Grenzen der Normalverteilung für die Testwerte. In den folgenden UZP lagen die Werte durchschnittlich eine Standardabweichung (10 Punkte) über den internationalen Referenzwerten. Damit sind die Ergebnisse der vorliegenden Studie im Vergleich zur Testgröße und zum internationalen Vergleich als signifikant einzustufen (ebd. S. 84). Das heißt, die Testergebnisse mit Werten kurz unter oder über 60 Punkten sind nicht nur relativ zum Prätest signifikante Verbesserungen, sondern auch im Vergleich zu einer gesunden Vergleichspopulation der KS10. Sie schätzen sich demnach sehr oft als energiegeladen und sehr fit ein und fühlen sich selten allein (ebd. S. 89). Die internationalen Referenzergebnisse decken sich auch mit Untersuchungen zu gesunden Kindern und Jugendlichen in Deutschland im Alter von acht bis 18 Jahren (219). Die Kinder wiesen ebenfalls durchschnittliche Grundwerte im KS10 auf (MW 49,62; SD 10,16) (219). Mit der vorliegenden Arbeit sind dementsprechend relative Vergleichswerte zu sportlich aktiven Kindern und Jugendlichen im Rollstuhl vorhanden, die aufzeigen, dass ihre allgemeine QoL sich nicht zwingend von einer gesunden Vergleichsgruppe unterscheiden muss (220). Der KS10 zeigte einen zweiseitig signifikanten Zusammenhang ($p < 0,05$) mit dem Bewegungsumfang in Kilometern. Dieser Zusammenhang kann für die approximierten Rollzüge nicht dargestellt werden und wird als Verknüpfung zwischen QoL und Bewegungsumfang im Alltag inkonklusiv.

Travlos et al. (2017) (221) beschreiben für Jugendliche mit CP und neurodegenerativen Erkrankungen ähnliche Werte für die QoL im Vergleich zu gesunden Jugendlichen, wie die vorliegende Arbeit, abgesehen von körperlichen Beschwerden. In Trainingsinterventionen mit Kindern und Erwachsenen mit CP konnten zwar Verbesserungen in der QoL für motorische und kognitive Bewertungsparameter identifiziert werden. Diese ließen sich in einem Follow-Up allerdings nicht mehr darstellen (182). Auch in anderen Studien zu intensivem

Intervalltraining für Kinder mit CP waren Verbesserungen der QoL tendenziell nachweisbar, aber nicht signifikant (222). Folglich verweisen die Studienergebnisse auf einen differenten Trend zu stabilen Verbesserungen in der Selbsteinschätzung der QoL nach dem SMT.

In den identifizierten Studien von O'Brien et al. (2016) (47) zu Trainingsinterventionen für Kinder im Rollstuhl konnten zwei Studien Verbesserungen auf die QoL bei Kindern mit CP durch funktionelles Krafttraining identifizieren (220, 223). Die restlichen Studien konnten keine Effekte auf die QoL messen (185, 198, 224, 225). Dabei geben O'Brien et al. (2016) zu bedenken, dass nicht klar ist, ob die funktionellen Verbesserungen keinen Transfer auf den Alltag zulassen oder ob Instrumente zur Erhebung der QoL nicht sensitiv genug sind, um funktionelle Verbesserungen in Bezug auf die QoL zu messen (47). Die Ergebnisse der vorliegenden Studie haben somit eine Schnittmenge mit den Ergebnissen von O'Briens Analyse. Für sportlich aktive Kinder und Jugendliche im Rollstuhl, mit dementsprechend guten motorischen Voraussetzungen, scheinen konditionelle Leistungsverbesserungen eventuell die gesundheitliche QoL positiv zu affizieren. Der Spaß an Bewegung und die QoL treten in gleichem Maße stabil auf zu den UZP. Bei der Untersuchung entsteht jedoch kein Zusammenhang zwischen den Werten der QoL und der Bewegungsmotivation. Auch die konditionellen Verbesserungen der sportlichen und gesundheitlichen Fitness und die körperliche Aktivität interagieren nicht mit der QoL, obwohl die QoL in den Ergebnissen stabile Verbesserungen zu den UZP vorweist. Die QoL ist im Ergebnis von diversen körperlichen, mentalen und sozialen Faktoren abhängig, allerdings nicht direkt durch sie determiniert. Giacoobi et al. (2008) (8) konnten in Interviews einen Zusammenhang zwischen der Bewertung der QoL und einer Verbesserung des Selbstbildes und Umfang körperlicher Aktivität im Allgemeinen ausmachen. Zwischen körperlicher Aktivität und der QoL besteht eine Verbindung (8).

Die stark positive Beeinflussung der QoL in dem durchgeführten SMT konnte wiederholt beobachtet werden. Die vorliegende Studie hat die Verlaufswerte für die Motivation und die QoL deutlich länger nachverfolgt als die angeführten Studien mit dem Ergebnis, dass sich ein langfristiger Effekt nachweisen ließ. Auch hier liegt die Vermutung nahe, dass sich die Verbesserungen der QoL neben den konditionellen Verbesserungen der Fitness mitunter auf den positiven Erinnerungen an das SMT gründen. Ferner sprechen die hohen Grundwerte im Fragebogen für einen verhältnismäßig gut ausgeprägten körperlichen Gesundheitsstatus und eine gute soziale und familiäre Einbindung, welche als Grundlage weitere Verbesserungen begünstigt.

Die gesundheitliche QoL steht auch in Verbindung mit der Abwesenheit von Beschwerden und Schmerzen. In diesem Zusammenhang konnte im Nebenbefund eine Tendenz zur Schmerzreduktion allgemeiner Beschwerden im Zuge der Verlaufskontrolle beobachtet werden (Tabelle 11 und Abb. 30 im Anhang). Die Bewertung von Schmerzen durch die Wong-Baker-Faces ging im Zuge des SMT deutlich zurück. Diese Beobachtung deckt sich mit anderen Arbeiten zu Trainingsinterventionen der OEX für erwachsene Patient*innen mit Impingementsyndromen von Marzetti et al. (2014) (48).

Nawoczenski et al. (172) konnten bei Erwachsenen im Rollstuhl eine signifikante Schmerz- und Symptomreduktion durch spezifisches Schultertraining nachweisen. Die Ursache dafür wurde in der Stabilisierung der Schulterblattführung vermutet. Diese Vermutung wird auch in der vorliegenden Studie als Begründung für eine Schmerzreduktion angeführt. Jerosch et al. (28) (2002) begründeten die Verbesserung von SAI bei Gesunden mit propriozeptivem Training durch eine Behebung propriozeptiver Defizite, die mit derartigen Schmerzsyndromen einhergehen (28).

4.5 Limitationen

Diese Ergebnisse müssen unter diversen Bedingungen diskutiert werden. Die Aussagen sind durch die Auswertung einer kleinen Stichprobengröße nur auf die vorliegende Trainingsgruppe begrenzt und stellen eine Limitation dar. Allerdings macht der Abgleich der Stichprobengröße zu anderen Arbeiten auf dem Feld die Stichprobengröße akzeptabel (Tabelle 12 im Anhang). Ähnliche Arbeiten haben bereits auf die Komplikationen des Erreichens einer hinreichend großen Stichprobe hingewiesen (197, 226). Vor dem Hintergrund der geringen Rückmeldequote von Kooperationspartnern für junge Rollstuhlfahrer*innen von unter zehn Prozent, wie Schulen, Vereine und Versorgungszentren in Berlin als zentrale Anlaufstellen, lässt sich die geringe Fallzahl mitbegründen (215). Die Rekrutierung der Trainierenden ausschließlich in Berlin, stellte einen limitierenden Faktor dar. Um die vorliegenden Ergebnisse zu validieren, empfiehlt es sich, das Trainingskonzept in einer größeren Studie zu reproduzieren.

Die Auswahl von sportlich aktiven und motorisch versierten Trainierenden lässt die Übertragung der Aussagen der vorliegenden Arbeit auf Personen mit motorisch weniger gut ausgeprägten Fähigkeiten oder mit zusätzlichen körperlichen Beschwerden (bspw. akutes SAI) nicht ohne Weiteres zu. Die sportlichen Übungen waren durch eine motorische Differenzierungsfähigkeit unter Belastung geprägt, sodass es offenbleibt, inwiefern

Rollstuhlfahrer*innen mit schlechteren motorischen Voraussetzungen die Koordination des Schwingstabes unter den Belastungsvoraussetzungen realisieren können. Somit stellt der Fokus auf die Zielgruppe im Hinblick auf die Generalisierbarkeit der Aussagen eine weitere Limitation dar. Für zukünftige Arbeiten sollten Einstiegsriterien für ein reaktives Schwingstabtraining in weiteren Arbeiten identifiziert und standardisiert erfasst werden.

Mit dem Fokus auf sportlich aktive Kinder und Jugendliche im Rollstuhl wurde eine breite Variation in Bezug auf Alter und Grunderkrankung in die Studie eingeschlossen. Dies führte zu einer Inhomogenität in der Stichprobe in Bezug auf diese Parameter und limitiert die Aussagen. Durch die Altersvariation über die Pubertät hinaus kam eine breite Ergebnisstreuung in den konditionellen Tests zustande. Die Ergebnisse können dementsprechend nicht differenziert für eine spezifische Altersgruppe empfohlen werden, da unklar bleibt, ob die Effekte des Trainings sich unterschiedlich stark im Altersverlauf der Kinder auswirken. Bestehen bleibt eine relative Verbesserung der konditionellen Werte der Trainierenden im Verhältnis zu ihrem Einstiegstest, der sich nicht durch einen natürlichen Kraftzuwachs in Wachstumsphasen reduzieren lässt. Daher ist für Folgearbeiten eine differenziertere Untersuchung von bestimmten Altersgruppen mit dem Fokus auf den Kraftzuwachs bei SMT in den Altersklassen sinnvoll.

In die Auswertung konnten nur Datensätze von 14% weiblichen Probandinnen aufgenommen werden. Dementsprechend konnten in dieser Studie die Geschlechter nicht repräsentativ dargestellt werden. Die Ergebnisse sollten in Bezug auf die Belastungssequenzierung und den motivierenden Rahmen für Jungen und Mädchen gesondert untersucht werden.

Die Inklusion unterschiedlicher Grunderkrankungen hat zwar Vorteile für die Strukturierung der Trainingsgruppe und einer realistischen Umsetzung in Schulen und Vereinen. Allerdings stellt die fehlende Differenzierung eine Limitation der Aussagen dar. Da unklar bleibt, ob sich SMT für unterschiedliche Grunderkrankungen verschieden auswirkt, sollten weitere Untersuchungen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit auf einzelne Krankheitsbilder bezogen überprüfen.

Neben der Stichprobe gab es in der Methodenwahl der Erhebungsverfahren limitierende Faktoren. Die Auswertungsgleichheit wurde sichergestellt, indem die Verlaufsuntersuchungen von demselben Untersucher durchgeführt wurden. Eine mögliche Nachbeobachtungsverzerrung (Attrition-bias) kann somit nicht völlig ausgeschlossen werden. Daher empfiehlt sich für folgende Arbeiten die Einbindung eines einfach verblindeten Untersuchers für die Erhebung der Verlaufswerte.

Die Messung der aeroben Ausdauer durch klinische Feldtests ist unterschiedlich diskutiert (227). Daher ist es bei weiteren Untersuchungen sinnvoll zu überprüfen, ob die konditionellen Verbesserungen durch SMT in den Feldtests sich auch mit direkten Erhebungsverfahren für die maximale Sauerstoffkapazität und metabolischen Korrelaten decken. Für die vorliegende Arbeit wurde den Feldtests explizit der Vorzug gegeben, um die Organisation innerhalb der Kooperationspartner zu ermöglichen und für Folgestudien ein validiertes und einfach anwendbares Testverfahren für eine direkte Vergleichbarkeit zu nutzen.

Methodisch ist die Auswahl des Aktivitätstrackers eine weitere Limitation. Da die meisten Aktivitätstracker bei Gesunden und Erwachsenen validiert sind, ist nur eine relative Vergleichbarkeit zu den eigenen Ergebnissen möglich. Die Ergebnisse der PA können nicht auf die Ergebnisse anderer Tracker übertragen werden. Das Fitbit® nutzte ein akzelerometrisches Verfahren, um die zurückgelegte Strecke und die Rollzüge zu errechnen. Da die Ermittlungsgleichung der Geräte nicht auf Rollstuhlfahrer*innen angepasst wurde, ist eine Verzerrung der Daten auf die Gesamtstrecke möglich. Unklar bleibt, ob die errechnete Distanz sich mit einer tatsächlichen Distanz über GPS-Tracking deckt. Daher ist es angeraten, die Ergebnisse der vorliegenden Studie mit weniger fehleranfälligen Methoden für die Messung der PA für die Verwendung des Fitbit® Charge HR™ zu überprüfen. Die interne Konsistenz der Ergebnisse zum Prätest bleibt erhalten. In der vorliegenden Arbeit wurde das Fitbit® genutzt, da es als einziges Gerät keine Verbindung zu einem Smartphone forderte, was die Compliance der Eltern zusätzlich reduziert hätte. Dieser Umstand wurde in den ersten Validierungsschritten des SMT explizit überprüft.

Die Beantwortung der Fragebögen wurde mittels Selbsteinschätzung der Trainierenden vorgenommen. Somit stellt die momentane Situation, in der die Antworten abgegeben wurden, eine Limitation der Testmethodik in Fragebögen generell dar. Es ist möglich, dass sich die Kinder und Jugendlichen positiv oder negativ unrealistisch einschätzen. Auf diesen Umstand wurde mit der wiederholten Befragung über mehrere UZP eingegangen, um die Ergebnisse relativ zueinander bewerten zu können. Die Selbsteinschätzung in den Erhebungen bot die beste Aussagemöglichkeit zum Momentanzustand der Trainierenden.

Trainingsmethodisch besteht eine Limitation in der Trainingsmittelwahl. Da sportlich aktive Kinder und Jugendliche untersucht wurden, muss überprüft werden, inwiefern das Trainingskonzept gerade für jüngere Rollstuhlsportler*innen angepasst werden muss. Das Grundgewicht des Schwingstabes war in der vorliegenden Arbeit für die acht und neunjährigen Rollstuhlfahrer*innen noch handhabbar. Es ist nicht hinreichend gegeben, dass dieser Umstand sich bei anderen Kindern ebenso darstellt. Als Individualisierungsansatz könnten sich

Schwingstäbe mit einem geringeren Gesamtgewicht oder einer kürzeren Schwingfläche eignen, um junge Sportler*innen differenzierter durch das Trainingskonzept zu führen.

In Bezug auf die Trainingsform sind die Ergebnisse limitiert auf Aussagen nur relativ zu den Prätests der Trainierenden. Die Wahl der Vergleichsmethoden limitierte die Aussagekraft im Vergleich zu anderen Trainingsformen. Die Länge der Vor- und Nachuntersuchungsphasen von einem Jahr zugunsten einer mittelfristigen Aussage der Verlaufsveränderung machte die Anwendung eines Cross-over-Designs mit einer Gruppenteilung bei 14 Trainierenden unpraktikabel. Folgend ist es sinnvoll, SMT und Schwingstabtraining mit anderen Trainingsformen, wie zum Beispiel konditionelles und funktionelles Krafttraining, zu vergleichen. Auch die Sequenzierung der Belastungsfaktoren für das HIT sollte in Bezug auf Belastungsdauer, Häufigkeit und Belastungs-Regenerations-Verhältnis für die Zielgruppe in weiteren Untersuchungen überprüft werden.

Bisher bleibt unbestimmt, inwieweit eine Verbesserung der Messwerte durch die Testwiederholung bei den Trainierenden die Ergebnisse beeinflusst haben. D.h. bestimmte Messwerte könnten sich verbessert haben durch die wiederholte Testdurchführung. Für die Fragebögen beispielsweise könnte sich dieser Umstand durch eine implizite Erwartungshaltung auf die Punktzahl ergeben haben. Demnach ergibt es Sinn, in folgenden Untersuchungen die Abhängigkeiten der Testwiederholung im Vergleich zu untrainierten Vergleichsgruppen als Interaktionsparameter zu untersuchen.

4.6 Klinische Relevanz

Ein 10-wöchiges kombiniertes SMT mit Schwingstäben stellt eine kostengünstige und leicht zu implementierende Trainingsmethode für die OEX bei sportlich aktiven Kindern und Jugendlichen im Rollstuhl dar. Sie ist potenziell gut kombinierbar mit anderen Trainingsverfahren. Die Methode wies für die Trainierenden sowohl das Potenzial zur gesundheitlichen, als auch zur sportlichen Leistungsverbesserung in kurzer Zeit auf. Die Effekte wirkten sich nicht nur auf die körperliche Fitness, sondern auch auf die allgemeine Bewegendisposition zu körperlicher Aktivität und Bewegungsmotivation positiv aus. Die Trainierenden profitierten trotz sehr guter motorischer und gesundheitlicher Voraussetzungen von dem Programm.

Ein kombiniertes SMT stellt somit eine spezifische Ergänzung für diverse Trainingsprogramme der Rollstuhlsportsparten im Jugend- und Nachwuchssport dar. Weiterhin sollte SMT als trainingsmethodischer Ansatz zur Verbindung gesundheitlicher und sportlicher

Verbesserungen untersucht werden, um als ergänzende Maßnahme in der Prävention von Schulterbeschwerden im Jugendbereich des Rollstuhlsportes implementierbar zu sein. Daher kann perspektivisch die Untersuchung von Effekten des SMT speziell für Rollstuhlbasketballer*innen im Jugend- und Erwachsenenbereich als ergänzende Trainingsmaßnahme in Anlehnung an bestehende Programme von besonderem Interesse sein (88, 161, 197). Gerade im Jugendbereich gilt es, die Trainingsmaßnahmen gezielt und sequenziert aufzubauen, um physiologische Anpassungen des Schulterkomplexes an die Belastungen im Rollstuhl besser trainingsmethodisch zu begleiten (10).

Obwohl die Prävalenz für muskuloskeletale Beschwerden der Schulter bei Rollstuhlfahrer*innen mit bis zu 76% am höchsten ist (15), wurden sportartspezifische Interventionen bis dato nicht für sportlich aktive Kinder und Jugendliche im Rollstuhl konzipiert. Auch die Fokussierung auf sensomotorisches Training als potenzieller Lösungsansatz wurde bisher nicht für Rollstuhlfahrer*innen untersucht. Dementsprechend stellt die vorliegende Untersuchung eine relevante Forschungsarbeit für vertiefende Studien über das Zusammenwirken von Sportmedizin, Trainingswissenschaften und Kinderorthopädie auf diesem Gebiet dar.

Interventionen, die eine bloße Verbesserung der Fitness oder der allgemeinen Kraft mit konditionellem Krafttraining im Fokus haben, erzielten keine Verbesserungen in der allgemeinen motorischen Funktion (gross motor function) bei Kindern im Rollstuhl (47). Die isolierte Kraftfähigkeit allein scheint für sie kein limitierender Faktor im Alltag und in der Funktion zu sein. SMT der OEX hat eine potenzielle Relevanz sowohl für den sportlichen, als auch für den alltäglichen Funktionserhalt für sportlich aktive Rollstuhlfahrer*innen.

Das SMT hat eine Reihe sportlich relevanter Leistungsfaktoren für Kinder und Jugendliche im Rollstuhl positiv beeinflussen können. Während die konditionellen Verbesserungen nur kurzfristig darstellbar waren, konnten motivationale und multimodale Faktoren langfristig positiv beeinflusst werden. Unter diesem Aspekt kann es sinnvoll sein, ein derartiges Trainingsprogramm intervallartig als Trainingsmaßnahme in Schulen und Vereinen für Kinder im Rollstuhl anzubieten, um die positiven Aspekte für körperliche Fitness, körperliche Aktivität, Motivation und Lebensqualität breitflächig zugänglich zu machen.

4.7 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie können als Ausgangspunkt für folgende Arbeiten mit größeren Fallzahlen herangezogen werden. Die Arbeit enthält methodische und

organisatorische Empfehlungen zur Konzeption spezifischer sensomotorischer Trainingsinterventionen der OEX für Kinder und Jugendliche im Rollstuhl. Dafür können die Ergebnisse dieses SMT als Grundlage zur Berechnung einer angemessenen Stichprobengröße und Power für klinische Untersuchungen dienen, um derartige Empfehlungen zu validieren. Des Weiteren sind in der Arbeit Strukturierungsempfehlungen für ein vergleichbares Untersuchungsdesign enthalten, die eine Vergleichbarkeit folgender Untersuchungen erleichtern. Untersuchungen in größerer Fallzahl könnten nachfolgend Einblicke ermöglichen, für welche Untergruppen und Sportarten ein SMT der OEX die förderlichsten Effekte mit sich bringt und inwiefern ein SMT unterschiedliche Effekte in Bezug auf Alter, Geschlecht und Grunderkrankungen hervorbringt.

Dafür ist eine weitere Trainingsplanung mit drei Trainingsgruppen für Rollstuhlbasketball, in der sowohl Kinder als auch Erwachsene trainieren, in einer einfach verblindeten Kontrollstudie geplant. Dabei soll das Trainingskonzept mit einem konservativen Kraftausdauertraining verglichen werden. Weiterhin ist es sinnvoll, Wirkzusammenhänge zwischen reaktivem SMT und Effekten auf die willkürliche Aktivierbarkeit der RM und der Schulterblattposition im Laborsetting an Gesunden zu untersuchen. In Zusammenarbeit mit dem Institut für Sportwissenschaften der Humboldt Universität zu Berlin und der Charité Berlin ist es möglich, derartige Zusammenhänge interdisziplinär für die Schulter und den Rumpf zu untersuchen. Auf Basis der vorliegenden Daten ist noch keine einheitliche Empfehlung zur weiteren Konzeption von SMT für die OEX bei sportlich aktiven Rollstuhlfahrer*innen möglich.

Langfristig ist das Ziel, ein Trainingskonzept für reaktives SMT der OEX zu standardisieren, welches für sportlich aktive Kinder und Jugendliche im Rollstuhl auch digital umgesetzt werden kann. Für eine breite Anwendungsmöglichkeit des Trainingskonzeptes sollten verschiedene Beschwerdebilder nach Bewegungsklassen und motorischen Fähigkeiten zusammengefasst werden. So könnte nach Vorbildern digitaler Trainingsplattformen (z.B. Freeletics) ein Trainingsangebot mit günstigen Möglichkeiten der Aktivitätsmessung verbunden werden. Ansätze dazu werden bereits durch Prof. Eckert (2017) (228) mit Ansätzen des virtuellen Exergamings für Kinder mit motorischen Einschränkungen untersucht. Die vorliegende Arbeit bietet bereits einen ersten Ansatz durch ein semistandardisiertes Trainingsvideo als unterstützende Maßnahme für ein Tele-Training (165). Das ausgewertete SMT zeigte einen vielversprechenden Trainingsansatz, sportliche und gesundheitliche Trainingsziele durch SMT belastungsverträglich und effektiv zu verknüpfen und könnte methodisch als Verbindung von SMT und HIT auch für die unteren Extremitäten für Kinder mit Vibrationsplatten umgesetzt werden.

5 Literaturverzeichnis

1. (DOSB) DOS. Bestandserhebung 2020, korrigierte Fassung 2020;2. Digitale Auflage, Dezember 2020.
2. Hoffman MD. Cardiorespiratory fitness and training in quadriplegics and paraplegics. *Sports Medicine*. 1986;3(5):312-30.
3. Anderson LS, Heyne LA. Physical activity for children and adults with disabilities: An issue of “amplified” importance. *Disability and Health Journal*. 2010;3(2):71-3.
4. Cooper RA, Tolerico M, Kaminski BA, Spaeth D, Ding D, Cooper R. Quantifying wheelchair activity of children: a pilot study. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2008;87(12):977-83.
5. Buffart LM, Roebroek ME, Rol M, Stam HJ, van den Berg-Emons RJ. Triad of physical activity, aerobic fitness and obesity in adolescents and young adults with myelomeningocele. *Journal of rehabilitation medicine*. 2008;40(1):70-5.
6. Bloemen MA, van den Berg-Emons RJ, Tuijt M, Nooijen CF, Takken T, Backx FJ, Vos M, De Groot JF. Physical activity in wheelchair-using youth with spina bifida: an observational study. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. 2019;16(1):9.
7. Zwinkels M, Verschuren O, Balemans A, Lankhorst K, te Velde S, van Gaalen L, de Groot J, Visser-Meily A, Takken T. Effects of a school-based sports program on physical fitness, physical activity, and cardiometabolic health in youth with physical disabilities: data from the Sport-2-Stay-Fit Study. *Frontiers in pediatrics*. 2018;6:75.
8. Giacobbi PR, Stancil M, Hardin B, Bryant L. Physical activity and quality of life experienced by highly active individuals with physical disabilities. *Adapted Physical Activity Quarterly*. 2008;25(3):189-207.
9. Ferrara M, Davis R. Injuries to elite wheelchair athletes. *Spinal Cord*. 1990;28(5):335-41.
10. Sawatzky BJ, Slobogean GP, Reilly CW, Chambers CT, Hol AT. Prevalence of shoulder pain in adult-versus childhood-onset wheelchair users: a pilot study. *Journal of rehabilitation research and development*. 2005;42(3):1.
11. Maher CA, Toohey M, Ferguson M. Physical activity predicts quality of life and happiness in children and adolescents with cerebral palsy. *Disability and rehabilitation*. 2016;38(9):865-9.
12. Wing P, Tredwell S. The weightbearing shoulder. *Spinal Cord*. 1983;21(2):107-13.

13. Patel RM, Gelber JD, Schickendantz MS. The Weight-Bearing Shoulder. *JAAOS - Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2018;26(1):3-13.
14. Bayley JC, Cochran T, Sledge C. The weight-bearing shoulder. The impingement syndrome in paraplegics. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1987;69(5):676-8.
15. Heyward OW, Vegter RJK, de Groot S, van der Woude LHV. Shoulder complaints in wheelchair athletes: A systematic review. *PLOS ONE*. 2017;12(11):e0188410.
16. Gutierrez DD, Thompson L, Kemp B, Mulroy SJ. The relationship of shoulder pain intensity to quality of life, physical activity, and community participation in persons with paraplegia. *The journal of spinal cord medicine*. 2007;30(3):251-5.
17. Finley MA, Euler E. Association of musculoskeletal pain, fear-avoidance factors, and quality of life in active manual wheelchair users with SCI: A pilot study. *J Spinal Cord Med*. 2019:1-8.
18. Kemp BJ, Bateham AL, Mulroy SJ, Thompson L, Adkins RH, Kahan JS. Effects of reduction in shoulder pain on quality of life and community activities among people living long-term with SCI paraplegia: a randomized control trial. *The journal of spinal cord medicine*. 2011;34(3):278-84.
19. Samuelsson KA, Tropp H, Gerdle B. Shoulder pain and its consequences in paraplegic spinal cord-injured, wheelchair users. *Spinal Cord*. 2004;42(1):41-6.
20. Akbar M, Balean G, Brunner M, Seyler TM, Bruckner T, Munzinger J, Grieser T, Gerner HJ, Loew M. Prevalence of rotator cuff tear in paraplegic patients compared with controls. *JBJS*. 2010;92(1):23-30.
21. Mercer JL, Boninger M, Koontz A, Ren D, Dyson-Hudson T, Cooper R. Shoulder joint kinetics and pathology in manual wheelchair users. *Clinical Biomechanics*. 2006;21(8):781-9.
22. Bernard BP, Putz-Anderson V. Musculoskeletal disorders and workplace factors; a critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back. 1997.
23. Fleisig GS, Barrentine SW, Escamilla RF, Andrews JR. Biomechanics of overhand throwing with implications for injuries. *Sports Medicine*. 1996;21(6):421-37.
24. Lin Y-S, Boninger M, Worobey L, Farrokhi S, Koontz A. Effects of repetitive shoulder activity on the subacromial space in manual wheelchair users. *BioMed research international*. 2014;2014.
25. Myers JB, Lephart SM. The role of the sensorimotor system in the athletic shoulder. *Journal of athletic training*. 2000;35(3):351.

26. Myers JB, Wassinger CA, Lephart SM. Sensorimotor contribution to shoulder stability: effect of injury and rehabilitation. *Manual therapy*. 2006;11(3):197-201.
27. Blasier R, Carpenter J, Huston L. Shoulder proprioception. Effect of joint laxity, joint position, and direction of motion. *Orthopaedic review*. 1994;23(1):45-50.
28. Jerosch J, Wüstner P. Effekt eines sensomotorischen Trainingsprogramms bei Patienten mit subakromialem Schmerzsyndrom. *Der Unfallchirurg*. 2002;105(1):36-43.
29. Pollock R. Role of shoulder stabilization relative to restoration of neuromuscular control on joint kinematics. *Proprioception and Neuromuscular Control in Joint Stability Champaign, Ill: Human Kinetics*. 2000:265-75.
30. Kulig K, Rao SS, Mulroy SJ, Newsam CJ, Gronley JK, Bontrager EL, Perry J. Shoulder joint kinetics during the push phase of wheelchair propulsion. *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007)*. 1998;354:132-43.
31. Hoozemans MJ, Van Der Beek AJ, Fringsdresen MH, Van Dijk FJ, Van Der Woude LH. Pushing and pulling in relation to musculoskeletal disorders: a review of risk factors. *Ergonomics*. 1998;41(6):757-81.
32. Collinger JL, Boninger ML, Koontz AM, Price R, Sisto SA, Tolerico ML, Cooper RA. Shoulder biomechanics during the push phase of wheelchair propulsion: a multisite study of persons with paraplegia. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2008;89(4):667-76.
33. FULLERTON HD, BORCKARDT JJ, ALFANO AP. Shoulder pain: a comparison of wheelchair athletes and nonathletic wheelchair users. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2003;35(12):1958-61.
34. Burnham RS, May L, Nelson E, Steadward R, Reid DC. Shoulder pain in wheelchair athletes: The role of muscle imbalance. *The American journal of sports medicine*. 1993;21(2):238-42.
35. Jeon I-H, Kochhar H, Lee J-M, Kyung H-S, Min W-K, Cho H-S, Wee H-W, Shin D-J, Kim P-T. Ultrasonographic evaluation of the shoulder in elite wheelchair tennis players. *Journal of sport rehabilitation*. 2010;19(2):161-72.
36. Yildirim NU, Comert E, Ozengin N. Shoulder pain: a comparison of wheelchair basketball players with trunk control and without trunk control. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*. 2010;23(2):55-61.
37. Curtis KA, Black K. Shoulder pain in female wheelchair basketball players. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1999;29(4):225-31.
38. Mulroy SJ, Thompson L, Kemp B, Hatchett PP, Newsam CJ, Lupold DG, Haubert LL, Eberly V, Ge T-T, Azen SP. Strengthening and optimal movements for painful shoulders

(STOMPS) in chronic spinal cord injury: a randomized controlled trial. *Physical therapy*. 2011;91(3):305-24.

39. Mottram S. Dynamic stability of the scapula. *Manual therapy*. 1997;2(3):123-31.

40. McMullen J, Uhl TL. A kinetic chain approach for shoulder rehabilitation. *J Athl Train*. 2000;35(3):329-37.

41. Wilk KE, Macrina LC, Reinold MM. Non-operative rehabilitation for traumatic and atraumatic glenohumeral instability. *North American journal of sports physical therapy : NAJSPT*. 2006;1(1):16-31.

42. Sugimoto D, Blanpied P. Flexible foil exercise and shoulder internal and external rotation strength. *Journal of athletic training*. 2006;41(3):280.

43. Heron SR, Woby SR, Thompson DP. Comparison of three types of exercise in the treatment of rotator cuff tendinopathy/shoulder impingement syndrome: a randomized controlled trial. *Physiotherapy*. 2017;103(2):167-73.

44. Moezy A, Sepehrifar S, Solaymani Dodaran M. The effects of scapular stabilization based exercise therapy on pain, posture, flexibility and shoulder mobility in patients with shoulder impingement syndrome: a controlled randomized clinical trial. *Medical journal of the Islamic Republic of Iran*. 2014;28:87.

45. Dilek B, Gulbahar S, Gundogdu M, Ergin B, Manisali M, Ozkan M, Akalin E. Efficacy of proprioceptive exercises in patients with subacromial impingement syndrome: a single-blinded randomized controlled study. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2016;95(3):169-82.

46. Comel JC, Nery RM, Garcia EL, da Silva Bueno C, de Oliveira Silveira E, Zarantonello MM, Stefani MA. A comparative study on the recruitment of shoulder stabilizing muscles and types of exercises. *Journal of exercise rehabilitation*. 2018;14(2):219-25.

47. D O'Brien T, Noyes J, Spencer LH, Kubis H-P, Hastings RP, Whitaker R. Systematic review of physical activity and exercise interventions to improve health, fitness and well-being of children and young people who use wheelchairs. *BMJ open sport & exercise medicine*. 2016;2(1):e000109.

48. Marzetti E, Rabini A, Piccinini G, Piazzini DB, Vulpiani MC, Vetrano M, Specchia A, Ferriero G, Bertolini C, Saraceni VM. Neurocognitive therapeutic exercise improves pain and function in patients with shoulder impingement syndrome: a single-blind randomized controlled clinical trial. *European journal of physical and rehabilitation medicine*. 2014;50(3):255-64.

49. Dong W, Goost H, Lin X-B, Burger C, Paul C, Wang Z-L, Zhang T-Y, Jiang Z-C, Welle K, Kabir K. Treatments for shoulder impingement syndrome: a PRISMA systematic review and network meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2015;94(10):e510-e.
50. Saltychev M, Äärimaa V, Virolainen P, Laimi K. Conservative treatment or surgery for shoulder impingement: systematic review and meta-analysis. *Disability and Rehabilitation*. 2015;37(1):1-8.
51. Desmeules F, Côté CH, Frémont P. Therapeutic Exercise and Orthopedic Manual Therapy for Impingement Syndrome: A Systematic Review. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2003;13(3).
52. Schnabel G, Harre D, Krug J, Borde A. *Trainingswissenschaft: Leistung. Training, Wettkampf*, Berlin. 2003.
53. Bruhn S. *Sensomotorisches Training/Propriozeptives Training*. Institut für Sportwissenschaften Universität Rostock. 2009.
54. Bruhn S. *Sensomotorisches Training und Bewegungskoordination*: Verlag nicht ermittelbar; 2006.
55. Zech A. HM. *Sensomotorisches Training zur prävention von Sprunggelenksverletzungen*. *Deutsche Zeitschrift Fur Sportmedizin*. 2012;63(1).
56. Granacher U, Mühlbauer T, Taube W, Gollhofer A, Gruber M. *Sensorimotor training*. 2011.
57. Salles JI, Velasques B, Cossich V, Nicoliche E, Ribeiro P, Amaral MV, Motta G. Strength training and shoulder proprioception. *J Athl Train*. 2015;50(3):277-80.
58. Gisler-Hofmann T. Plastizität und Training der sensomotorischen Systeme. *Schweizerische Zeitschrift für «Sportmedizin und Sporttraumatologie*. 2008;56(4):137-49.
59. Zatsiorsky V, Kraemer W. *Krafttraining: Praxis und Wissenschaft*: Meyer & Meyer Verlag; 2016.
60. Fröhlich M, Schmidtbleicher D. Belastungsintensität und Wiederholungszahl in Abhängigkeit von der Trainingsspezifität im Krafttraining. Brüggemann, G-P, Morey-Klapsing, G(Red): *Biologische Systeme Mechanische Eigenschaften und ihre Adaptation bei körperlicher Belastung* Czwalina Verlag, Hamburg. 2003:54-8.
61. Fröhlich M, Emrich E, Pieter A, Stark R. Outcome effects and effects sizes in sport sciences. *International Journal of Sports Science and Engineering*. 2009;3(3):175-9.
62. Steib S, Pfeifer K, Zech A. *Sensomotorisches Training. Funktionelles Training mit Handund Kleingeräten*: Springer; 2014. p. 13-9.

63. Bruhn S, Gollhofer A. Neurophysiologische Grundlagen der Propriozeption und Sensomotorik. *Med Orth Tech*. 2001;121:66-71.
64. Taghizadeh G, Azad A, Kashefi S, Fallah S, Daneshjoo F. The effect of sensory-motor training on hand and upper extremity sensory and motor function in patients with idiopathic Parkinson disease. *Journal of Hand Therapy*. 2018;31(4):486-93.
65. Dietz V, Fouad K. Restoration of sensorimotor functions after spinal cord injury. *Brain*. 2014;137(3):654-67.
66. Qaiser T, Eginyan G, Chan F, Lam T. The sensorimotor effects of a lower limb proprioception training intervention in individuals with a spinal cord injury. *Journal of neurophysiology*. 2019;122(6):2364-71.
67. Hupperets MD, Verhagen EA, van Mechelen W. Effect of sensorimotor training on morphological, neurophysiological and functional characteristics of the ankle. *Sports medicine*. 2009;39(7):591-605.
68. Page P. Sensorimotor training: A “global” approach for balance training. *Journal of bodywork and movement therapies*. 2006;10(1):77-84.
69. Gollhofer A, Granacher U, Taube W, Melnyk M, Gruber M. Bewegungskontrolle und Verletzungsprophylaxe. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*. 2006;57(11/12):266-70.
70. Lephart SM, Pincivero DM, Giraido JL, Fu FH. The Role of Proprioception in the Management and Rehabilitation of Athletic Injuries. *The American journal of sports medicine*. 1997;25(1):130-7.
71. Gruber M, Bruhn S, Gollhofer A. Specific adaptations of neuromuscular control and knee joint stiffness following sensorimotor training. *International journal of sports medicine*. 2006;27(08):636-41.
72. Zazulak B, Cholewicki J, Reeves PN. Neuromuscular Control of Trunk Stability: Clinical Implications for Sports Injury Prevention. *JAAOS - Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2008;16(8):497-505.
73. Owen JL, Campbell S, Falkner SJ, Bialkowski C, Ward AT. Is there evidence that proprioception or balance training can prevent anterior cruciate ligament (ACL) injuries in athletes without previous ACL injury? *Physical therapy*. 2006;86(10):1436-40.
74. Beard DJ, Dodd C, Trundle HR, Simpson A. Proprioception enhancement for anterior cruciate ligament deficiency. A prospective randomised trial of two physiotherapy regimes. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 1994;76(4):654-9.

75. Taube W. Neuronale Mechanismen der posturalen Kontrolle und der Einfluss von Gleichgewichtstraining. *Journal für Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie*. 2013;14(2):55-63.
76. Taube W, Kullmann N, Leukel C, Kurz O, Amtage F, Gollhofer A. Differential reflex adaptations following sensorimotor and strength training in young elite athletes. *International journal of sports medicine*. 2007;28(12):999-1005.
77. Granacher U, Gruber M, Strass D, Gollhofer A. Auswirkungen von sensomotorischem Training im Alter auf die Maximal-und Explosivkraft. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*. 2007;58(12):446-51.
78. Mueller S, Engel T, Mueller J, Stoll J, Baur H, Mayer F. Sensorimotor exercises and enhanced trunk function: a randomized controlled trial. *International journal of sports medicine*. 2018;39(07):555-63.
79. Gruber M, Gollhofer A. Impact of sensorimotor training on the rate of force development and neural activation. *European journal of applied physiology*. 2004;92(1-2):98-105.
80. Bollinger R, Bubeck D, Brown N, Alt W. Explosivkraftsteigerung durch sensomotorisches Training: Eine Untersuchung akuter Effekte. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin & Sporttraumatologie*. 2016;64(1).
81. Pfeifer K, Banzer W, Hänsel F, Hübscher M, Vogt L, Zech A. Wissenschaftliche Expertise „Sensomotorisches Training–Propriozeptives Training“. Köln: Sportverlag Strauß. 2009.
82. Riemann BL, Lephart SM. The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. *Journal of athletic training*. 2002;37(1):71.
83. Riemann BL, Lephart SM. The sensorimotor system, part II: the role of proprioception in motor control and functional joint stability. *Journal of athletic training*. 2002;37(1):80.
84. Pfeifer K, Banzer W, Hänsel F, Hübscher M, Vogt L, Zech A. Wissenschaftliche Expertise „Sensomotorisches Training–Propriozeptives Training“ - Band II. Köln: Sportverlag Strauß. 2009.
85. Legerlotz K. The Effects of Resistance Training on Health of Children and Adolescents With Disabilities. *American Journal of Lifestyle Medicine*. 2018:1559827618759640.
86. Palmer-McLean K, Harbst K, Durstine J, Moore G, Painter P, Roberts S. ACSM's exercise management for persons with chronic diseases and disabilities. *Human Kinetics*. 2009.
87. Gauthier C, Brosseau R, Hicks AL, Gagnon DH. Feasibility, Safety, and Preliminary Effectiveness of a Home-Based Self-Managed High-Intensity Interval Training Program

Offered to Long-Term Manual Wheelchair Users. *Rehabilitation research and practice*. 2018;2018:8209360.

88. García-Gómez S, Pérez-Tejero J, Hoozemans M, Barakat R. Effect of a Home-based Exercise Program on Shoulder Pain and Range of Motion in Elite Wheelchair Basketball Players: A Non-Randomized Controlled Trial. *Sports (Basel, Switzerland)*. 2019;7(8).

89. Buffart LM, van der Ploeg HP, Bauman AE, Van Asbeck FW, Stam HJ, Roebroek ME, van den Berg-Emons RJ. Sports participation in adolescents and young adults with myelomeningocele and its role in total physical activity behaviour and fitness. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2008;40(9):702-8.

90. Mueller J, Hadzic M, Mugele H, Stoll J, Mueller S, Mayer F. Effect of high-intensity perturbations during core-specific sensorimotor exercises on trunk muscle activation. *Journal of biomechanics*. 2018;70:212-8.

91. Ferrauti A, Schneider C, Wiewelhove T. *Journal: Trainingswissenschaft für die Sportpraxis*, 2020, p. 67-186. *Journal: Trainingswissenschaft für die Sportpraxis*. 2020:67-186.

92. Shields N, Synnot A. Perceived barriers and facilitators to participation in physical activity for children with disability: a qualitative study. *BMC pediatrics*. 2016;16(1):9.

93. Schranz C, Kruse A, Belohlavek T, Steinwender G, Tilp M, Pieber T, Svehlik M. Does Home-Based Progressive Resistance or High-Intensity Circuit Training Improve Strength, Function, Activity or Participation in Children With Cerebral Palsy? *Arch Phys Med Rehabil*. 2018;99(12):2457-64.e4.

94. Zwinkels M, Verschuren O, de Groot JF, Backx FJ, Wittink H, Visser-Meily A, Takken T. Effects of high-intensity interval training on fitness and health in youth with physical disabilities. *Pediatric Physical Therapy*. 2019;31(1):84-93.

95. Zwinkels M, Verschuren O, de Groot JF, Backx FJG, Wittink H, Visser-Meily A, Takken T. Effects of High-Intensity Interval Training on Fitness and Health in Youth With Physical Disabilities. *Pediatric physical therapy : the official publication of the Section on Pediatrics of the American Physical Therapy Association*. 2019;31(1):84-93.

96. Moreno Catala M, Schroll A, Laube G, Arampatzis A. Muscle Strength and Neuromuscular Control in Low-Back Pain: Elite Athletes Versus General Population. *Frontiers in neuroscience*. 2018;12:436.

97. Hof A. Muscle mechanics and neuromuscular control. *Journal of biomechanics*. 2003;36(7):1031-8.

98. Falk B, Tenenbaum G. The effectiveness of resistance training in children. *Sports medicine*. 1996;22(3):176-86.

99. Behringer M, Vom Heede A, Yue Z, Mester J. Effects of resistance training in children and adolescents: a meta-analysis. *Pediatrics*. 2010;126(5):e1199-e210.
100. Behringer M. *Krafttraining im Nachwuchsleistungssport Bd. II-Unter besonderer Berücksichtigung von Diagnostik, Trainierbarkeit und Trainingsmethodik: Eventreport c/o Lehrstuhl Marketing, Technische Univ.*; 2010.
101. van Brussel M, van der Net J, Hulzebos E, Helders PJ, Takken T. The Utrecht approach to exercise in chronic childhood conditions: the decade in review. *Pediatric Physical Therapy*. 2011;23(1):2-14.
102. Schoenmakers MA, de Groot JF, Gorter JW, Hillaert JL, Helders PJ, Takken T. Muscle strength, aerobic capacity and physical activity in independent ambulating children with lumbosacral spina bifida. *Disability and rehabilitation*. 2009;31(4):259-66.
103. Bloemen MA, De Groot JF, Backx FJ, Westerveld RA, Takken T. Arm cranking versus wheelchair propulsion for testing aerobic fitness in children with spina bifida who are wheelchair dependent. *Journal of rehabilitation medicine*. 2015;47(5):432-7.
104. Chaikhot D, Reed K, Petroongrad W, Athanasiou F, van Kooten D, Hettinga FJ. Effects of an upper-body training program involving resistance exercise and high-intensity arm cranking on peak handcycling performance and wheelchair propulsion efficiency in able-bodied men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2020;34(8):2267-75.
105. Cohen MI, McConnell A, Stover K, Kathryn R, Nash MS. the Reliability And Validity Of The Six Minute Wheelchair Propulsion Test In Individuals With Chronic Spinal Cord Injury. *Cardiopulmonary Physical Therapy Journal*. 2004;18(4):26-7.
106. De Groot S, Janssen TW, Evers M, Van der Luijt P, Nienhuys KN, Dallmeijer AJ. Feasibility and reliability of measuring strength, sprint power, and aerobic capacity in athletes and non-athletes with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 2012;54(7):647-53.
107. Kamimura T, Ikuta Y. Evaluation of grip strength with a sustained maximal isometric contraction for 6 and 10 seconds. *Journal of rehabilitation medicine*. 2001;33(5):225-9.
108. Beenakker E, Van der Hoeven J, Fock J, Maurits N. Reference values of maximum isometric muscle force obtained in 270 children aged 4–16 years by hand-held dynamometry. *Neuromuscular disorders*. 2001;11(5):441-6.
109. Wind AE, Takken T, Helders PJ, Engelbert RH. Is grip strength a predictor for total muscle strength in healthy children, adolescents, and young adults? *European journal of pediatrics*. 2010;169(3):281-7.

110. O'Connell DG, Barnhart R, Parks L. Muscular endurance and wheelchair propulsion in children with cerebral palsy or myelomeningocele. *Arch Phys Med Rehabil.* 1992;73(8):709-11.
111. Zwinkels M, Verschuren O, Lankhorst K, van der Ende-Kastelijin K, de Groot J, Backx F, Visser-Meily A, Takken T. Sport-2-Stay-Fit study: Health effects of after-school sport participation in children and adolescents with a chronic disease or physical disability. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation.* 2015;7(1):22.
112. Grillon A, Perez-Uribe A, Satizabal H, Gantel L, Da Silva Andrade D, Upegui A, Degache F, editors. *A Wireless Sensor-Based System for Self-tracking Activity Levels Among Manual Wheelchair Users* 2017; Cham: Springer International Publishing.
113. Bragg E, Pritchard-Wiart L. Wheelchair Physical Activities and Sports for Children and Adolescents: A Scoping Review. *Phys Occup Ther Pediatr.* 2019;39(6):567-79.
114. Crytzer TM, Dicianno BE, Kapoor R. Physical activity, exercise, and health-related measures of fitness in adults with spina bifida: a review of the literature. *PM&R.* 2013;5(12):1051-62.
115. Maijers M, Verschuren O, Stolwijk-Swüste J, van Koppenhagen C, de Groot S, Post M. Is Fitbit Charge 2 a feasible instrument to monitor daily physical activity and handbike training in persons with spinal cord injury? A pilot study. *Spinal cord series and cases.* 2018;4(1):84.
116. Hargis M, Powell RO, Konz SM. EXAMINING THE RELIABILITY AND VALIDITY OF THE FITBIT® CHARGE 2™ ON STEP COUNT DURING TREADMILL EXERCISE. *ISBS Proceedings Archive.* 2018;36(1):191.
117. Keating XD, Liu J, Liu X, Shangguan R, Guan J, Chen L. Validity of Fitbit Charge 2 in Controlled College Physical Education Settings. *ICHPER-SD Journal of Research.* 2018;9(2):28-35.
118. Evenson KR, Goto MM, Furberg RD. Systematic review of the validity and reliability of consumer-wearable activity trackers. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity.* 2015;12(1):159.
119. Voss C, Gardner RF, Dean PH, Harris KC. Validity of commercial activity trackers in children with congenital heart disease. *Canadian Journal of Cardiology.* 2017;33(6):799-805.
120. Rowold J. The impact of personality on training-related aspects of motivation: Test of a longitudinal model. *Human Resource Development Quarterly.* 2007;18(1):9-31.
121. Matthews DB. The Effects of School Environment of Intrinsic Motivation of Middle-School Children. *Journal of Humanistic Education and Development.* 1991;30(1):30-6.

122. Martin JJ, Choi YS. Parents' physical activity– related perceptions of their children with disabilities. *Disability and Health Journal*. 2009;2(1):9-14.
123. Stevanovic D, Tadic I, Novakovic T, Kistic-Tepavcevic D, Ravens-Sieberer U. Evaluating the Serbian version of the KIDSCREEN quality-of-life questionnaires: reliability, validity, and agreement between children's and parents' ratings. *Quality of life research*. 2013;22(7):1729-37.
124. Ravens-Sieberer U, KIDSCREEN G. KIDSCREEN-10, Gesundheitsfragebogen für Kinder und Jugendliche 2004.
125. Murrock CJ, Bekhet A, Zauszniewski JA. Psychometric evaluation of the physical activity enjoyment scale in adults with functional limitations. *Issues in mental health nursing*. 2016;37(3):164-71.
126. Malone LA, Rowland JL, Rogers R, Mehta T, Padalabalanarayanan S, Thirumalai M, Rimmer JH. Active videogaming in youth with physical disability: Gameplay and enjoyment. *Games for health journal*. 2016;5(5):333-41.
127. Jekauc D, Reimers AK, Wagner MO, Woll A. Physical activity in sports clubs of children and adolescents in Germany: Results from a nationwide representative survey. *Journal of Public Health*. 2013;21(6):505-13.
128. Jekauc D, Voelkle M, Wagner MO, Mewes N, Woll A. Reliability, validity, and measurement invariance of the German version of the physical activity enjoyment scale. *Journal of pediatric psychology*. 2012;38(1):104-15.
129. Paxton RJ, Nigg C, Motl RW, Yamashita M, Chung R, Battista J, Chang J. Physical activity enjoyment scale short form—Does it fit for children? *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2008;79(3):423-7.
130. Ravens-Sieberer U, Gosch A, Erhart M, Rueden U, Nickel J, Kurth B-M, Duer W, Fuerth K, Czemy L, Auquier P. The KIDSCREEN Questionnaires—Quality of life questionnaires for children and adolescents—Handbook. 2006.
131. Ravens-Sieberer U, Erhart M, Rajmil L, Herdman M, Auquier P, Bruil J, Power M, Duer W, Abel T, Czemy L. Reliability, construct and criterion validity of the KIDSCREEN-10 score: a short measure for children and adolescents' well-being and health-related quality of life. *Quality of Life Research*. 2010;19(10):1487-500.
132. Otto C, Steffensen BF, Højberg A-L, Barkmann C, Rahbek J, Ravens-Sieberer U, Mahoney A, Vry J, Gramsch K, Thompson R. Predictors of health-related quality of life in boys with Duchenne muscular dystrophy from six European countries. *Journal of neurology*. 2017;264(4):709-23.

133. Ravens-Sieberer U, Schmidt S, Gosch A, Erhart M, Petersen C, Bullinger M. Measuring subjective health in children and adolescents: results of the European KIDSCREEN/DISABKIDS Project. *Psychosoc Med.* 2007;4:Doc08-Doc.
134. Tripp BL. Principles of restoring function and sensorimotor control in patients with shoulder dysfunction. *Clinics in sports medicine.* 2008;27(3):507-19, x.
135. Kim JW, Kim YN, Lee DK. The effect of combined exercise with slings and a flexi-bar on muscle activity and pain in rotator cuff repair patients. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(10):2890-3.
136. Kim EK, Kim SG. The effect of an active vibration stimulus according to different shoulder joint angles on functional reach and stability of the shoulder joint. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(3):747-51.
137. Chung JS, Park S, Kim J, Park JW. Effects of flexi-bar and non-flexi-bar exercises on trunk muscles activity in different postures in healthy adults. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(7):2275-8.
138. Choi DY, Chung SH, Shim JH. Comparisons of shoulder stabilization muscle activities according to postural changes during flexi-bar exercise. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(6):1889-91.
139. Mileva KN, Kadr M, Amin N, Bowtell JL. Acute effects of Flexi-bar vs. Sham-bar exercise on muscle electromyography activity and performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research.* 2010;24(3):737-48.
140. Mileva KN, Naleem AA, Biswas SK, Marwood S, Bowtell JL. Acute effects of a vibration-like stimulus during knee extension exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 2006;38(7):1317-28.
141. Boarati EdL, Hotta GH, McQuade KJ, de Oliveira AS. Acute effect of flexible bar exercise on scapulothoracic muscles activation, on isometric shoulder abduction force and proprioception of the shoulder of individuals with and without subacromial pain syndrome. *Clinical Biomechanics.* 2020;72:77-83.
142. Cohen LG, Starr A. Vibration and muscle contraction affect somatosensory evoked potentials. *Neurology.* 1985;35(5):691-.
143. Schulte R, Warner C. Oscillatory devices accelerate proprioception training. *Clin Biomech.* 2001;6(6):85-91.
144. De Ruyter C, Van Der Linden R, Van der Zijden M, Hollander A, De Haan A. Short-term effects of whole-body vibration on maximal voluntary isometric knee extensor force and rate of force rise. *European journal of applied physiology.* 2003;88(4):472-5.

145. Erskine J, Smillie I, Leiper J, Ball D, Cardinale M. Neuromuscular and hormonal responses to a single session of whole body vibration exercise in healthy young men. *Clinical physiology and functional imaging*. 2007;27(4):242-8.
146. Moran K, McNAMARA B, Luo J. Effect of vibration training in maximal effort (70% 1RM) dynamic bicep curls. *Medicine and science in sports and exercise*. 2007;39(3):526-33.
147. Rittweger J, Beller G, Felsenberg D. Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. *Clinical physiology*. 2000;20(2):134-42.
148. Torvinen S, Sievänen H, Järvinen T, Pasanen M, Kontulainen S, Kannus P. Effect of 4-min vertical whole body vibration on muscle performance and body balance: a randomized cross-over study. *International journal of sports medicine*. 2002;23(05):374-9.
149. Osawa Y, Oguma Y. Effects of vibration on flexibility: a meta-analysis. *J Musculoskeletal Neuronal Interact*. 2013;13(4):442-53.
150. Arora S, Button DC, Basset FA, Behm DG. The effect of double versus single oscillating exercise devices on trunk and limb muscle activation. *International journal of sports physical therapy*. 2013;8(4):370.
151. Lister JL, Del Rossi G, Ma F, Stoutenberg M, Adams JB, Tobkin S, Signorile JF. Scapular stabilizer activity during Bodyblade®, cuff weights, and Thera-Band® use. *Journal of sport rehabilitation*. 2007;16(1):50-67.
152. Bosco C, Iacovelli M, Tsarpela O, Cardinale M, Bonifazi M, Tihanyi J, Viru M, De Lorenzo A, Viru A. Hormonal responses to whole-body vibration in men. *European journal of applied physiology*. 2000;81(6):449-54.
153. Cardinale M, Lim J. Electromyography activity of vastus lateralis muscle during whole-body vibrations of different frequencies. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2003;17(3):621-4.
154. Cochrane D, Stannard S. Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players. *British journal of sports medicine*. 2005;39(11):860-5.
155. Cochrane D, Stannard S, Walmsely A, Firth E. The acute effect of vibration exercise on concentric muscular characteristics. *Journal of science and medicine in sport*. 2008;11(6):527-34.
156. Delecluse C, Roelants M, Verschueren S. Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2003;35(6):1033-41.

157. Torvinen S, Kannus P, Sievanen H, Jarvinen TA, Pasanen M, Kontulainen S, Jarvinen TL, Jarvinen M, Oja P, Vuori I. Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance. *Medicine and science in sports and exercise*. 2002;34(9):1523-8.
158. Torvinen S, Kannus P, Sievänen H, Järvinen TA, Pasanen M, Kontulainen S, Nenonen A, Järvinen TL, Paakkala T, Järvinen M. Effect of 8-month vertical whole body vibration on bone, muscle performance, and body balance: a randomized controlled study. *Journal of bone and mineral research*. 2003;18(5):876-84.
159. Tardo DT, Halaki M, Cathers I, Ginn KA. Rotator cuff muscles perform different functional roles during shoulder external rotation exercises. *Clinical Anatomy*. 2013;26(2):236-43.
160. Babakhani F, Sheikhhoseini R, Amjad A. Effectiveness of one period selected resistance training on shoulder strength, pain and function in wheelchair users with impingement syndrome of shoulder. *SSU_Journals*. 2017;25(2):91-100.
161. Wilroy J, Hibberd E. Evaluation of a Shoulder Injury Prevention Program in Wheelchair Basketball. *J Sport Rehabil*. 2018;27(6):554-9.
162. Kim SY, Ko JB, Farthing JP, Butcher SJ. Investigation of supraspinatus muscle architecture following concentric and eccentric training. *Journal of science and medicine in sport*. 2015;18(4):378-82.
163. Kim JJ, Lee SY, Ha K. The effects of exercise using PNF in patients with a supraspinatus muscle tear. *J Phys Ther Sci*. 2015;27(8):2443-6.
164. Lephart SM, Warner JJ, Borsa PA, Fu FH. Proprioception of the shoulder joint in healthy, unstable, and surgically repaired shoulders. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 1994;3(6):371-80.
165. Liepe F. Erstfassung des reaktiven sensomotorischen Training der oberen Extremitäten für junge Sportler*innen im Rollstuhl - digitales Tele-Training. 2017; letzter Zugriff am 04.09.2022 unter: <https://youtu.be/N1J94sXuN2M>.
166. Cowan RE, Callahan MK, Nash MS. The 6-min push test is reliable and predicts low fitness in spinal cord injury. *Medicine and science in sports and exercise*. 2012;44(10):1993-2000.
167. Motl R, Berger B, Leuschen P. The role of enjoyment in the exercise-mood relationship. *International Journal of Sport Psychology*. 2000;31(3):347-63.
168. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*: Routledge; 2013.

169. Turbanski S, Schmidbleicher D. Effects of heavy resistance training on strength and power in upper extremities in wheelchair athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010;24(1):8-16.
170. Unnithan VB, Katsimanis G, Evangelinou C, Kosmas C, Kandrali I, Kellis E. Effect of strength and aerobic training in children with cerebral palsy. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2007;39(11):1902-9.
171. Schottler J, Graf A, Kelly E, Vogel L. Training Youth With SCI to Improve Efficiency and Biomechanics of Wheelchair Propulsion: A Pilot Study. *Topics in spinal cord injury rehabilitation*. 2019;25(2):157-63.
172. Nawoczenski DA, Ritter-Soron JM, Wilson CM, Howe BA, Ludewig PM. Clinical trial of exercise for shoulder pain in chronic spinal injury. *Physical therapy*. 2006;86(12):1604-18.
173. Gauthier C, Brosseau R, Hicks AL, Gagnon DH. Feasibility, safety, and preliminary effectiveness of a home-based self-managed high-intensity interval training program offered to long-term manual wheelchair users. *Rehabilitation research and practice*. 2018;2018.
174. Tordi N, Dugue B, Klupzinski D, Rasseneur L, Rouillon J, Lonsdorfer J. Interval training program on a wheelchair ergometer for paraplegic subjects. *Spinal cord*. 2001;39(10):532-7.
175. Organization WH. Global recommendations for physical activity for children and adolescents aged 5 - 17. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>. 2018.
176. Riebe D, Ehrman J, Liguori G, Magal M. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. American College of Sports Medicine. Editorial Philadelphia: Wolters Kluwer. 2018.
177. Rowland JL, Fragala-Pinkham M, Miles C, O'Neil ME. The scope of pediatric physical therapy practice in health promotion and fitness for youth with disabilities. *Pediatric physical therapy : the official publication of the Section on Pediatrics of the American Physical Therapy Association*. 2015;27(1):2-15.
178. Fragala-Pinkham MA, Haley SM, Rabin J, Kharasch VS. A fitness program for children with disabilities. *Physical therapy*. 2005;85(11):1182-200.
179. O'Brien TD, Noyes J, Spencer LH, Kubis HP, Edwards RT, Bray N, Whitaker R. Well-being, health and fitness of children who use wheelchairs: feasibility study protocol to develop child-centred 'keep-fit' exercise interventions. *Journal of advanced nursing*. 2015;71(2):430-40.

180. Qi Y, Zhang X, Zhao Y, Xie H, Shen X, Niu W, Wang Y. The effect of wheelchair Tai Chi on balance control and quality of life among survivors of spinal cord injuries: A randomized controlled trial. *Complementary therapies in clinical practice*. 2018;33:7-11.
181. Williams SA, Elliott C, Valentine J, Gubbay A, Shipman P, Reid S. Combining strength training and botulinum neurotoxin intervention in children with cerebral palsy: the impact on muscle morphology and strength. *Disability and rehabilitation*. 2013;35(7):596-605.
182. Verschuren O, Ketelaar M, Gorter JW, Helders PJ, Uiterwaal CS, Takken T. Exercise training program in children and adolescents with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Archives of pediatrics & adolescent medicine*. 2007;161(11):1075-81.
183. Verschuren O, Ketelaar M, De Groot J, Vila Nova F, Takken T. Reproducibility of two functional field exercise tests for children with cerebral palsy who self-propel a manual wheelchair. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 2013;55(2):185-90.
184. Verschuren O, Ada L, Maltais DB, Gorter JW, Scianni A, Ketelaar M. Muscle strengthening in children and adolescents with spastic cerebral palsy: considerations for future resistance training protocols. *Physical Therapy*. 2011;91(7):1130-9.
185. Van Wely L, Balemans AC, Becher JG, Dallmeijer AJ. The effectiveness of a physical activity stimulation programme for children with cerebral palsy on social participation, self-perception and quality of life: a randomized controlled trial. *Clinical rehabilitation*. 2014;28(10):972-82.
186. Lai C-J, Liu W-Y, Yang T-F, Chen C-L, Wu C-Y, Chan R-C. Pediatric aquatic therapy on motor function and enjoyment in children diagnosed with cerebral palsy of various motor severities. *Journal of child neurology*. 2015;30(2):200-8.
187. Keller JW, Van Hedel HJ. Weight-supported training of the upper extremity in children with cerebral palsy: a motor learning study. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. 2017;14(1):87.
188. Oliveira A, Jacome C, Marques A. Physical fitness and exercise training on individuals with spina bifida: a systematic review. *Research in developmental disabilities*. 2014;35(5):1119-36.
189. Crytzer TM, Dicianno BE, Fairman AD. Effectiveness of an upper extremity exercise device and text message reminders to exercise in adults with spina bifida: a pilot study. *Assistive technology*. 2013;25(4):181-93.
190. Sadeghi M, Ghasemi G, Karimi M. Effect of 12-Week Rebound Therapy Exercise on Static Stability of Patients With Spinal Cord Injury. *J Sport Rehabil*. 2019;28(5):464-7.

191. Soo Hoo J. Shoulder Pain and the Weight-bearing Shoulder in the Wheelchair Athlete. *Sports medicine and arthroscopy review*. 2019;27(2):42-7.
192. Perret C. Elite-adapted wheelchair sports performance: a systematic review. *Disability and Rehabilitation*. 2017;39(2):164-72.
193. Riley AH, Callahan C. Shoulder Rehabilitation Protocol and Equipment Fit Recommendations for the Wheelchair Sport Athlete With Shoulder Pain. *Sports medicine and arthroscopy review*. 2019;27(2):67-72.
194. Zwinkels M, Verschuren O, Lankhorst K, van der Ende-Kastelijl K, de Groot J, Backx F, Visser-Meily A, Takken T. Sport-2-Stay-Fit study: Health effects of after-school sport participation in children and adolescents with a chronic disease or physical disability. *BMC sports science, medicine & rehabilitation*. 2015;7:22.
195. Zwinkels M, Verschuren O, Janssen TW, Ketelaar M, Takken T. Exercise training programs to improve hand rim wheelchair propulsion capacity: a systematic review. *Clinical rehabilitation*. 2014;28(9):847-61.
196. Bragg E, Pritchard-Wiart L. Wheelchair Physical Activities and Sports for Children and Adolescents: A Scoping Review. *Physical & Occupational Therapy In Pediatrics*. 2019;39(6):567-79.
197. Bergamini E, Morelli F, Marchetti F, Vannozzi G, Polidori L, Paradisi F, Traballese M, Cappozzo A, Delussu AS. Wheelchair Propulsion Biomechanics in Junior Basketball Players: A Method for the Evaluation of the Efficacy of a Specific Training Program. *Biomed Res Int*. 2015;2015:275965.
198. ANDRADE CK, Kramer J, Garber M, Longmuir P. Changes in self-concept, cardiovascular endurance and muscular strength of children with spina bifida aged 8 to 13 years in response to a 10-week physical-activity programme: a pilot study. *Child: care, health and development*. 1991;17(3):183-96.
199. Turner AM, Owings M, Schwane JA. Improvement in running economy after 6 weeks of plyometric training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2003;17(1):60-7.
200. Lephart SM. Proprioception and neuromuscular control in joint stability. *Human Kinetics*. 2000:405-13.
201. Tibone JE, Fechter J, Kao JT. Evaluation of a proprioception pathway in patients with stable and unstable shoulders with somatosensory cortical evoked potentials. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 1997;6(5):440-3.

202. Kasai T, Kawanishi M, Yahagi S. The effects of wrist muscle vibration on human voluntary elbow flexion-extension movements. *Experimental brain research*. 1992;90(1):217-20.
203. Behringer M, vom Heede A, Matthews M, Mester J. Effects of strength training on motor performance skills in children and adolescents: a meta-analysis. *Pediatric exercise science*. 2011;23(2):186-206.
204. Slaman J, Roebroek M, Dallmijer A, Twisk J, Stam H, Van Den Berg-Emons R. Can a lifestyle intervention programme improve physical behaviour among adolescents and young adults with spastic cerebral palsy? A randomized controlled trial. *Developmental medicine and child neurology*. 2015;57(2):159-66.
205. Buffart LM, van den Berg-Emons RJ, van Mechelen W, van Meeteren J, van der Slot W, Stam HJ, Roebroek ME. Promoting physical activity in an adolescent and a young adult with physical disabilities. *Disability and Health Journal*. 2010;3(2):86-92.
206. Rammer JR, Krzak JJ, Slavens BA, Winters JM, Riedel SA, Harris GF. Considering Propulsion Pattern in Therapeutic Outcomes for Children Who Use Manual Wheelchairs. *Pediatric physical therapy : the official publication of the Section on Pediatrics of the American Physical Therapy Association*. 2019;31(4):360-8.
207. Verschuren O, Wiart L, Hermans D, Ketelaar M. Identification of facilitators and barriers to physical activity in children and adolescents with cerebral palsy. *The journal of pediatrics*. 2012;161(3):488-94.
208. Wankel LM, Berger BG. The psychological and social benefits of sport and physical activity. *Journal of leisure research*. 1990;22(2):167-82.
209. Buffart LM, Westendorp T, Van Den Berg-Emons RJ, Stam HJ, Roebroek ME. Perceived barriers to and facilitators of physical activity in young adults with childhood-onset physical disabilities. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2009;41(11):881-5.
210. Bandura A. Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological review*. 1977;84(2):191.
211. Fischer K. 16 Bewegung, Spiel und Sport. Geistige Behinderung: Grundlagen, Erscheinungsformen und klinische Probleme, Behandlung, Rehabilitation und rechtliche Aspekte. 2013.
212. Geßner S. Der Einfluss von Bewegung und Sport auf das Selbstkonzept von Menschen mit geistiger Behinderung.

213. DISHMAN RK, MOTL RW, SAUNDERS R, FELTON G, WARD DS, DOWDA M, PATE RR. Enjoyment Mediates Effects of a School-Based Physical-Activity Intervention. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2005;37(3):478-87.
214. Jin J, Yun J, Agiovlasis S. Impact of enjoyment on physical activity and health among children with disabilities in schools. *Disability and health journal*. 2018;11(1):14-9.
215. Liepe F. Rückgang körperlicher Aktivität bei Kindern im Rollstuhl 2019.
216. Poteliūnienė S, Sabaliauskas S. Kontextfaktoren der Entwicklungsinteraktion zwischen Trainern und Hochleistungssportlern: aus Sicht der Sportler. *Psychology*. 2012;35(1):77-90.
217. Baksjøberget PE, Nyquist A, Moser T, Jahnsen R. Having fun and staying active! Children with disabilities and participation in physical activity: a follow-up study. *Physical & occupational therapy in pediatrics*. 2017;37(4):347-58.
218. Sallis JF, Prochaska JJ, Taylor WC. A review of correlates of physical activity of children and adolescents. *Medicine and science in sports and exercise*. 2000;32(5):963-75.
219. Erhart M, Ottova V, Gaspar T, Jericek H, Schnohr C, Alikasifoglu M, Morgan A, Ravens-Sieberer U. Measuring mental health and well-being of school-children in 15 European countries using the KIDSCREEN-10 Index. *International journal of public health*. 2009;54(2):160-6.
220. Gates PE, Banks D, Johnston T, Campbell S, Gaughan J, Ross S, Engsberg J, Tucker C. Randomized controlled trial assessing participation and quality of life in a supported speed treadmill training exercise program vs. a strengthening program for children with cerebral palsy. *Journal of pediatric rehabilitation medicine*. 2012;5(2):75-88.
221. Travlos V, Patman S, Wilson A, Simcock G, Downs J. Quality of life and psychosocial well-being in youth with neuromuscular disorders who are wheelchair users: a systematic review. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2017;98(5):1004-17. e1.
222. Dieruf K, Burtner PA, Provost B, Phillips J, Bernitsky-Beddingfield A, Sullivan KJ. A pilot study of quality of life in children with cerebral palsy after intensive body weight-supported treadmill training. *Pediatric Physical Therapy*. 2009;21(1):45-52.
223. Ödman P, Öberg B. Effectiveness of intensive training for children with cerebral palsy: A comparison between child and youth rehabilitation and conductive education. *Journal of rehabilitation medicine*. 2005;37(4):263-70.
224. Scholtes VA, Becher JG, Comuth A, Dekkers H, Van Dijk L, Dallmeijer AJ. Effectiveness of functional progressive resistance exercise strength training on muscle strength and mobility in children with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Developmental medicine & child neurology*. 2010;52(6):e107-e13.

225. Verschuren O, Ketelaar M, Gorter JW, Helders PJ, Uiterwaal CS, Takken T. Exercise training program in children and adolescents with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Archives of pediatrics & adolescent medicine*. 2007;161(11):1075-81.
226. Kossack J. Muskuloskelettales Training bei Kindern und Jugendlichen mit Schmerzverstärkungssyndrom 2021.
227. Slaman J, Dallmeijer A, Stam H, Russchen H, Roebroek M, van den Berg-Emons R, Group LMR. The six-minute walk test cannot predict peak cardiopulmonary fitness in ambulatory adolescents and young adults with cerebral palsy. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2013;94(11):2227-33.
228. Eckert M, Gómez-Martinho I, Meneses J, Martínez J-F. New approaches to exciting exergame-experiences for people with motor function impairments. *Sensors*. 2017;17(2):354.
229. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JP, Clarke M, Devereaux PJ, Kleijnen J, Moher D. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Annals of internal medicine*. 2009;151(4):W-65-W-94.

6 Anhang

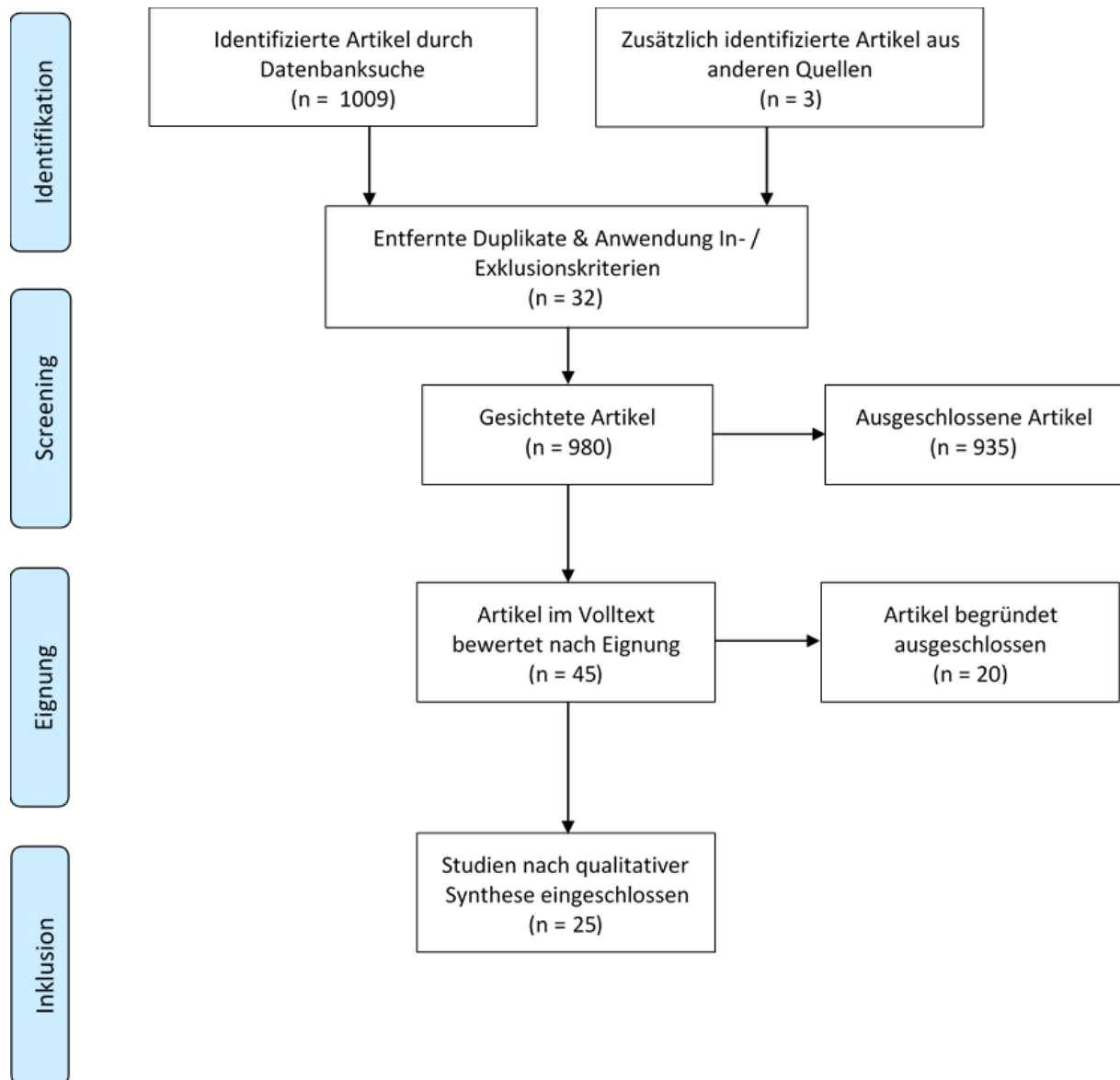


Abbildung 21: PRISMA-Flussdiagramm der Artikelauswahl für SMT der OEX (229)

Nr.	Begriffskombination	Ergebnisse	Inkludierte Artikel
	SMT für Kinder im Rollstuhl	∑ 94	∑ 0
1.	„sensorimotor“ OR „neuromotor“ OR „proprioceptive“ OR + „intervention“ OR „exercise“ + „children“ + „wheelchair“ + „upper extremity“ OR „shoulder“	0	0
2.	„sensorimotor“ OR „proprioceptive“ „intervention“ OR „exercise“ + „children“ + „wheelchair“	3	0
	Proprioceptive exercise OR intervention + wheelchair + children	8	0
2A.	„neuromuscular“ OR „neuromotor“ + „exercise“ OR „intervention“ + „children“ + „wheelchair“	83	0
	SMT für Personen im Rollstuhl	∑ 219	0
3.	„wheelchair“ + „sensorimotor intervention“	9	0
3A.	„wheelchair“ + „sensorimotor“	39	0
4.	„wheelchair“ + „proprioceptive intervention“	62	0
4A.	„wheelchair“ + „proprioceptive“	109	0
	Trainingsinterventionen für Kinder im Rollstuhl mit Fokus auf Intervalltraining	∑ 293	∑ 8
5.	„fitness“ + „children“ + „wheelchair“	21	5
6.	„exercise“ + „children“ + „wheelchair“	140	1
7.	„sports“ + „children“ + „wheelchair“	96	2
8.	„shoulder“ + „children“ + „wheelchair“	36	0
	SMT für die Schulter bei Impingement und Gesunden	∑ 332	∑ 13
9.	„sensorimotor“ OR „sensorimotor intervention“ + „impingement“	7	1
10.	„proprioceptive“ + „impingement“	83	3
10A	„proprioceptive“ OR „proprioceptive exercise“ + „shoulder“	238	5
11.	Zusätzlich integriert	3 Artikel Rollstuhl 1 Artikel Schulter	4
	Interventionen mit dem Schwingstab	∑ 74	∑ 4
12.	„flexibar“ OR „swingstick“	74	4
	Artikel gesamt	∑ 1012	∑ 25

Tabelle 9: Suchreihenfolge der Literatur für SMT der OEX für Rollstuhlsportler*innen

Charité Berlin (CMSC) | Sektion Kinder- & Neuro-Orthopädie | Florian Liepe



Karteikarten-Set:
**Reaktiv sensomotorisches Training
für Kinder im Rollstuhl**

Wir üben gemeinsam:

- Wir führen die Übungen gemeinsam am Video durch oder
- Du führst die Übungen nach den Karteikarten durch
- Mach die Übungen gern in deinem Tempo
- Mach alle Übungen bis zum Ende mit
- Freu dich drauf 😊

Abkürzungen:
WH = Wiederholungen WS = Wackelstab
Sek = Sekunden

Allgemeines

schön, dass du dabei bist
Bevor du anfängst, beantworte dir folgende Fragen:

- Wofür machst du das? *(was wünschst du dir von unserem Programm)*
- Wie möchtest du dich dabei fühlen? *(Wie fühlst du dich beim Üben am wohlsten)*
- Bist du bereit das Programm durchzuführen? *(Bist du wirklich bereit jetzt loszulegen?)*

Teil I Erwärmung

Vorbereitung:

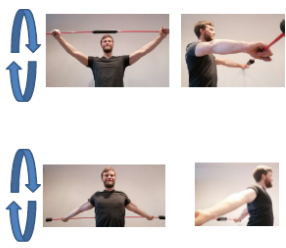
- Lege alle Geräte zum Greifen nah hin (Wackelstab, Gewichte, Mobi-Pad)
- Nimm dir ausreichend Zeit (du brauchst 20 Minuten)
- Nimm dir fest vor alle Übungen bis zum Schluss durchzuführen
- Trage am Ende deine Erfolge in deinem Trainingstagebuch ein

Abbildung 22: SMT der OEX Karteikarten (1)

Abbildung 23: SMT der OEX Karteikarten (2)

Teil I - Erwärmung

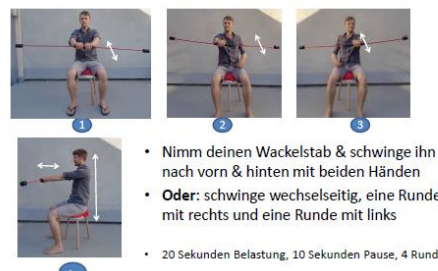
Schulter-Mobi (20 Wh)



- Nimm deinen Wackelstab ganz breit
- Zieh deine Schultern zurück, Kopf zurück
- Bewege den Stab über deinen Kopf vor und zurück

Teil II - Wackelstab

Front-Schwünge (20 Sek Übung, 10 Sek Pause, 4 mal)



- Nimm deinen Wackelstab & schwinde ihn nach vorn & hinten mit beiden Händen
- **Oder:** schwinde wechselseitig, eine Runde mit rechts und eine Runde mit links
- 20 Sekunden Belastung, 10 Sekunden Pause, 4 Runden

Teil II - Übungen mit dem Wackelstab

- Achte darauf, dass deine Schultern nach hinten gezogen sind
- Tu einfach so, als würdest du einen 100€ Schein zwischen deinen Schulterblättern einklemmen 😊
- Schwinde deinen Wackelstab vor und zurück, so gut du kannst
- Du schwindest deinen Wackelstab 20 Sekunden, dann hast du 10 Sekunden Pause
- Das Ganze machst du 4 mal
- (20 Sek Übung, 10 Sek Pause, 4 Mal)

Teil II - Wackelstab

Überkopf-Schwünge (20 sek Übung, 10 Sek Pause, 4 mal)



- schwinde deinen WS mit beiden Händen nach oben & unten
- Oder: Schwinde deinen WS eine Runde rechts und eine links nach oben und nach unten
- 20 Sekunden Belastung, 10 Sekunden Pause, 4 Runden

Abbildung 24: SMT der OEX Karteikarten (3)

Abbildung 25: SMT der OEX Karteikarten (4)

Teil II - Wackelstab

Seitschwünge (20 sek Übung, 10 Sek Pause, 4 mal)



- Halte deinen WS vor dich (wie auf dem Bild)
- schwinde deinen WS mit beiden Händen seitlich rechts und links
- 20 Sekunden Belastung, 10 Sekunden Pause, 4 Runden

9

Teil III: Balanceübung


- Nimm dir etwa 5 Minuten Zeit
- Balanciere deinen Wackelstab abwechselnd auf der linken oder der rechten Handfläche

Tipp: Umgreife erst den Gummiknauf mit einer Hand und halte mit der anderen den Mittelgriff

11

Teil II - Bonus ☺

Boxen (20 Sek Übung, 10 Sek Pause, 4 mal)



- Nimm deine Hände vor deinen Körper
- Führe abwechselnd eine Hand mit Schwung nach vorn und die andere zurück
- Lass alles raus, bis nur noch gute Gefühle in deinem Körper vorhanden sind ☺ viel Spaß

10

Teil III - Balanceübung

Balancieren (3 – 5 Minuten)



- Balanciere deinen Wackelstab auf der Handfläche
- ACHTUNG: Schau, ob du genug Platz hast, sollte der Wackelstab herunterfallen ☺

12

Abbildung 24: SMT der OEX Karteikarten (5)

Abbildung 25: SMT der OEX Karteikarten (6)

Teil IV: Gewichtsübungen

- Führe die Übungen 12 mal aus
- Halte am Ende der Übung deine Wasserflaschen etwa 3 Sekunden fest in der Endposition

13

Teil IV - Gewichtsübung

Schulterübungen (12 x mit 3 s halten)



- Nimm deine Gewichte
- Press deine Ellenbogen gegen deinen Körper
- beweg die Gewichte nach außen
- Halte die Position 3 s
- Achtung: lass deinen Nacken locker ☺

12 Wiederholungen
Nach außen rotieren
Dabei 3 Sekunden halten

14

Abbildung 26: SMT der OEX Karteikarten (7)

Nr.	Test	Kommentar
1	6MPT	<ul style="list-style-type: none"> • Vor Durchführung wurden die Kinder nach Motivation, Befindlichkeit und evtl. Schmerzen befragt • Vor jedem Start wurden Ablauf und Ziele des Tests erklärt
2	MHK Seite A	<ul style="list-style-type: none"> • 3 Versuche mit der favorisierten Seite • Während der Pausen wurde in Listenreihenfolge die MHK der Trainierenden konsekutiv erhoben • Bei Kindern mit Bewegungseinschränkungen der Hände wurde nur die MHK der funktionalen Seite erhoben
3	MHK Seite B	<ul style="list-style-type: none"> • 3 Versuche mit der noch nicht getesteten Seite • Während der Pausen wurde in Listenreihenfolge die MHK der Trainierenden konsekutiv erhoben. Bei Kindern mit Bewegungseinschränkungen der Hände wurde nur die MHK der funktionalen Seite erhoben
4	WB	<ul style="list-style-type: none"> • Fragen der Trainierenden wurden mündlich vor Durchführung beantwortet • Die Fragen wurden durch die Trainierenden selbst beantwortet
5	PACES	<ul style="list-style-type: none"> • Fragen der Trainierenden wurden mündlich vor Durchführung beantwortet • Die Fragen wurden durch die Trainierenden selbst beantwortet
6	KIDSCREEN10	<ul style="list-style-type: none"> • Fragen der Trainierenden wurden mündlich vor Durchführung beantwortet • Die Fragen wurden durch die Trainierenden selbst beantwortet
7	Aktivitätstracker	<ul style="list-style-type: none"> • Die Aktivitätstracker wurden separat eingesammelt und ausgelesen • Die Uhren wurden während eines Wochentages und zwei Wochenendtagen getragen • Die Uhren wurden nur zum Duschen und während der Nacht abgelegt • Die Ladekabel wurden für die Trainierenden mitgegeben • Bei Hautunverträglichkeiten wurde der Aktivitätstracker abgenommen und die Trainingsleitung telefonisch informiert

Tabelle 10: Durchführungsreihenfolge der Erhebungsverfahren



Abbildung 27: Schmerzintensitätsskala der Wong-Baker-Gesichter

Wong-Baker-Faces^B (Score)

WB (Score)	Prä	P1	P3	P6	P12
<i>n</i>	13	13	13	13	13
<i>Min</i>	0	0	0	0	0
<i>Max</i>	8	6	6	6	5
<i>MW</i>	4,62	1,38	1,54	1,15	1,00
Δ_{MW} vgl. Prä	-	70,13%	66,67%	75,11%	78,35%
<i>SE</i>	0,73	0,53	0,56	0,50	0,48
<i>SD</i>	2,63	1,89	2,03	1,82	1,73
<i>Median</i>	6	0	0	0	0
<i>Quartil 1</i>	3	0	0	0	0
<i>Quartil 3</i>	6	2	3	2	2
<i>IQA</i>	3	2	3	2	2
<i>p-Wert</i>	-	0,029*	0,092	0,024*	0,016*
<i>ANOVA^A</i>	p < 0,001**				

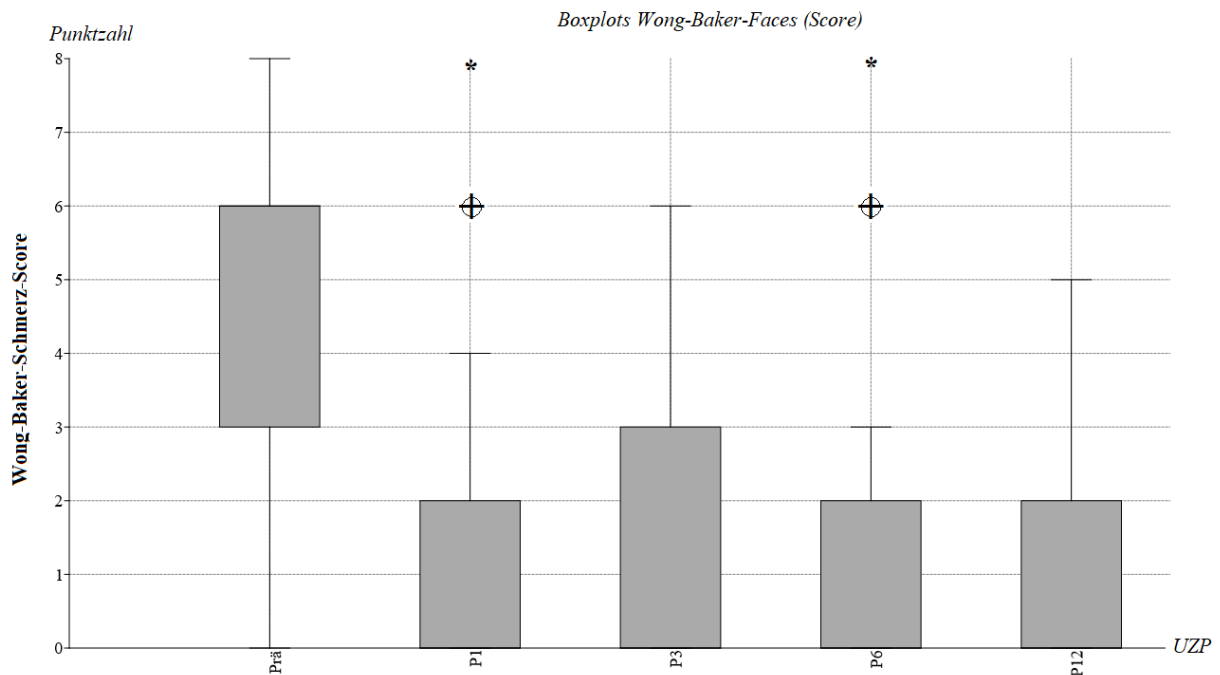
^B Werte des Friedman-Tests für nicht parametrische Verfahren

* markierte p-Werte sind signifikant i.d. paarweisen Vergleichen

($p < 0,05$ nach Bonferroni-korrektur; Signifikanz der p-Werte vgl. zum Prätest)

** markierte Werte weisen signifikante p-Werte im Friedman-Test auf

Tabelle 11: Ergebnisse Wong-Baker-Faces Schmerzskala



($n = 13$) * sign. Ergebnisse der paarweisen Vergleiche vgl. Prä ($p < 0,05$ nach Bonferroni-Korrektur)

⊕ = Ausreißer in P1 (6 Pkt) und P6 (6 Pkt)

$p < 0,001$ (Friedman-Test)

Abbildung 28: Boxplots Wong-Baker-Faces

Jahr	Art	Autor, Titel	WC / G Alter (Y/A)	Teilnehmer*innen & Training	Outcome & Ergebnisse	n	Ctrl. (n)
2019	CT	García-Gómez, S., Pérez-Tejero, J., Hoozemans, M., & Barakat, R. (2019). Effect of a Home-based Exercise Program on Shoulder Pain and Range of Motion in Elite Wheelchair Basketball Players: A Non-Randomized Controlled Trial. <i>Sports</i> , 7(8), 180.	WC, G A (26)	<p>Effekt eines 10-wöchigen Heimtrainings für Schulterschmerzen und Beweglichkeit (ROM) bei professionellen Rollstuhlbasketballspieler*innen (Alter: 15 -45)</p> <p>13 TN (36,11%) nur zum Sport im Rollstuhl 13 TN (36,11%) Schulterschmerzen, 23 beschwerdefrei</p> <p>Prä-Post-Design Training: 10 Wo, 3 x /Wo, 30 min</p> <ul style="list-style-type: none"> • Warm up • Kräftigung des Serratus Anterior, Skapularetraktion & Depression (10 Wh, 3 Sätze, 45 s Pause) • Stretching des Trapezius, posteriore Schulterkapsel, Pectoralis, Brachialis (20 s halten, 5 Sätze, 15 s Pause) 	<ul style="list-style-type: none"> • Schulterschmerzindex für Rollstuhlbasketball (SPI-WB) (Ø) • ROM der Schulter (+) I in Extension • Post I keine sign. Unterschiede zwischen I und Ctrl. • Trainingsprogramme für zu Hause können präventiv gegen Schulterschmerzen bei professionellen Athleten wirken • Empfehlung für weitere Untersuchungen auf Flexibilität und Balance der Schulter 	36	Ja (14)
2019	Report	Rowland, J. L., Fragala-Pinkham, M., Miles, C., & O'Neil, M. E. (2015). The scope of pediatric physical therapy practice in health promotion and fitness for youth with disabilities. <i>Pediatric Physical Therapy</i> , 27(1), 2-15.	k. a.	<p>Pädiatrische Physiotherapeutische Maßnahmen für Gesundheit und Fitness bei Kindern mit Behinderungen & Empfehlungen für die Konzeption von Gesundheits- & Fitnessstrategien</p>	<p>Empfehlungen für Krafttraining der unteren Extremitäten bei CP für Grundlage von (Mockford and Caulton 2008), (Verschuren, Ada et al. 2011), (Fowler, Kolobe et al. 2007)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 – 3 mal pro Woche • 6 – 15 Wh, 3 Sätze • Freie Gewichte, Maschinen, isokinetische Übungen • Steigerung, wenn 3 Sätze suffizient ausführbar sind • Steigerung von 30 – 50% binnen 8 – 12 Wochen <p>Empfehlungen für Krafttraining bei SB auf Grundlage von van Brussel (2011) (van Brussel, van der Net et al. 2011), Schoenmakers (2009) (Schoenmakers, de Groot et al. 2009), Buffart (2008) (Buffart, van der Ploeg et al. 2008), Mukherjee S. (2014)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aktive Muskelgruppen trainieren • 2 -3 mal pro Woche • 8 – 12 Wh, 1-3 Sätze • Freie Gewichte, Maschinen oder isokinetische Übungen • Keine Empfehlungen für Trainingsinterventionen, die sich positiv auf Knochenstoffwechsel auswirken 	-	-

Jahr	Art	Autor, Titel	WC / G Alter (Y/A)	Teilnehmer*innen & Training	Outcome & Ergebnisse	n	Ctrl. (n)
2019	ES	Zwinkels, M., Verschuren, O., de Groot, J. F., Baekx, F. J., Wittink, H., Visser-Meily, A., & Takken, T. (2019). Effects of high-intensity interval training on fitness and health in youth with physical disabilities. <i>Pediatric Physical Therapy</i> , 31(1), 84-93.	WC Y (13,8)	Effekte Intervalltraining für Kinder mit Behinderungen in Schulen (#NTR4698 Trial register) 61 Läufer*innen 9 Rollstuhlfahrer*innen HIT: Gib-alles-Ansatz (all out approach) 30 s Belastung, 8 – 12 Serien Belastungs-Pausenratio: 1 zu 4 8 Wo Intervention, 2x / Wo 20 – 25 min total Übungen WC: <ul style="list-style-type: none"> • Transfer von Sitzsack zu Sitzsack • Sprints 	<p>Outcome & Ergebnisse</p> <p><i>Ergebnisse für die Teilgruppe der WC:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Aerobes Ausdauer (+) • Anaerobes Ausdauer (Ø) • Agilität (+) • Systolischer Blutdruck (+) • VO2 max. & VCO2 max. (Ø) • Arterienwandung Steifigkeit (+) • BMI (Ø) • Körperfettanteil (Ø) • Lipidprofil (Ø) • Isometrische Griffkraft (Ø) • 1-stroke push 	70	Nein
2018	R	Legerlotz, K. (2018). The Effects of Resistance Training on Health of Children and Adolescents With Disabilities. <i>American Journal of Lifestyle Medicine</i> , 159827618759640.	WC Y, A (k.a.)	Analytischer Review zur Studienlage für Krafttraining bei Kindern und Erwachsenen mit Behinderungen Fokus auf Muskelkraft und physische Gesundheit 4 Studien zu CP <ul style="list-style-type: none"> • (ANDRADE, Kramer et al. 1991) 1 Studie zu Spina bifida: <ul style="list-style-type: none"> • (Scholtes, Becher et al. 2010) • (Williams, Elliott et al. 2013) • (Darrah, Wessel et al. 1999) • (Dodd, Taylor et al. 2004) 	<p>Alle Studien konnten positive Effekte auf ihre Untersuchungsparameter (Kraft, aerobe Kapazität, Selbstwahrnehmung etc.) ausmachen, aber:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unterschiede in Übungsausführung im Krafttraining beeinflusst den Trainingseffekt massiv • Spezifische Zusammenstellung der Belastung auf Muskulatur und Krankheitsbild relevant für Erfolg • Mögliche Kombination verschiedener Trainingsverfahren sinnvoll 	-	-

Jahr	Art	Autor, Titel	WC / G Alter (Y/A)	Teilnehmer*innen & Training	Outcome & Ergebnisse	n	Ctrl. (n)
2018	ES	Zwinkels, M., Verschuren, O., Balemans, A., Lankhorst, K., te Velde, S., van Gaalen, L., ... & Takken, T. (2018). Effects of a school-based sports program on physical fitness, physical activity, and cardiometabolic health in youth with physical disabilities: data from the Sport-2-Stay-Fit Study. <i>Frontiers in pediatrics</i> , 6, 75	WC Y (14,4)	Teil desselben Studienverlaufs von Zwinkels (2019) (Zwinkels, Verschuren et al. 2019) (#NTR4698 Trial register) 62 Läufer*innen 9 Rollstuhlfahrer*innen (6 Ctrl.) 3 Rollstuhlfahrer*innen in Interventionsgruppe HIT: Gib-alles-Ansatz (all out approach) 30 s Belastung, 8 – 12 Serien Belastungs-Pausenratio: 1 zu 4 8 Wo Intervention, 1x / Wo 20 – 25 min total	Ergebnisse für Teilgruppe der WC: <ul style="list-style-type: none">1-stroke push (Ø)	71	Ja (6)
2016	R	O'Brien, T., Noyes, J., Spencer, L. H., Kubis, H. P., Hastings, R. P., & Whitaker, R. (2016). Systematic review of physical activity and exercise interventions to improve health, fitness and well-being of children and young people who use wheelchairs. <i>BMJ open sport & exercise medicine</i> , 2(1), e000109.	WC Y	Systematisches Review zur Identifikation von Übungen für Wohlbefinden, Gesundheit und Fitness 31 Studien in 4 Kategorien identifiziert <ul style="list-style-type: none">Davon 11 mit Inklusion von Rollstuhlfahrer*innen<ul style="list-style-type: none">(Jansen, van Alfen et al. 2013)(SARIS 1998)Van Den Berg-Emons et al (1998b)(Van Wely, Balemans et al. 2014)(Van Wely, Balemans et al. 2014)(ANDRADE, Kramer et al. 1991)(Buffart, van den Berg-Emons et al. 2010)(Fragala-Pinkham, Haley et al. 2005)(Gordon, Roopchand-Martin et al. 2012)(Ödman and Öberg 2005)(Ummithan, Katsimani et al. 2007)(Carter, Grey et al. 2014)	<ul style="list-style-type: none">Maßnahmen differieren von Krafttraining über Beratung bis hin zu Exer-GamingGenerelle Studienqualität mangelhaftÜbungsdesign zielt häufig auf Kinder mit guten motorischen Voraussetzungen abAlle Interventionen verzeichnen VerbesserungenTraining mit Widerstand verbessert die KraftfähigkeitKeine Verbesserung in GMF oder Mobilität durch KrafttrainingKinder nahmen die Vorteile von Sportteilnahme im Sportverein wahrKinder lernten unabhängiger zu agieren durch SportPositiveres SelbstbildGroßer Mangel an Studien, die Fitness und Wohlbefinden untersuchenÜbungsleitern fehlt spezifische Anleitung für Rollstuhlfahrer*innenReines Krafttraining führt nicht zu Verbesserungen in der allgemeinen Mobilität (GMFS) <p>Kraft scheint nicht der limitierende Faktor für motorische Aktivität und funktionelle Verbesserungen zu sein</p>	-	-

Jahr	Art	Autor, Titel	WC / G Alter (Y/A)	Teilnehmer*innen & Training	Outcome & Ergebnisse	n	Ctrl. (n)
2014	R	Zwinkels, M., Verschuren, O., Janssen, T. W., Ketelaar, M., & Takken, T. (2014). Exercise training programs to improve hand rim wheelchair propulsion capacity: a systematic review. <i>Clinical rehabilitation</i> , 28(9), 847-861.	WC Y	<p>Übungsprogramme zur Verbesserung der Rollstuhlfortbewegung (propulsion capacity):</p> <p>Identifikation von 4 Trainingstypen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intervalltraining (n=8) • Ausdauertraining (n=5) • Krafttraining (n=2) <ul style="list-style-type: none"> ○ O'Connell, 1995 ○ Turbanski, 2001 • kombinierte Ansätze (n=5) <p>Methode zur Leistungsmessung über Sensoren (biomechanical performance indicators) und Konzeption eines Trainingsprogrammes für jugendliche Sportler*innen im Basketball</p> <p>Trainingsprogramm:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kraft: Mm. biceps, trizeps, trapezius, Schulter Abduktion und Adduktion mit Therabändern • 3 Sätze: 15 – 20 Wh • Rhythmisierung: Wo: 1 & 3 Kraft, Wo: 2 & 4 Koordination • 2 x / Wo, 90 min, über 3 Monate • Koordination: Orientierung, Differenzierung, Reaktions- und Anpassungsfähigkeit, Kombinations- und Rhythmisierungsfähigkeit 	<p>21 Studien inkludiert:</p> <ul style="list-style-type: none"> • keine Studien zu anaerobem Training • Alle Studien zu Intervalltraining (+) Rollstuhlfortbewegung (18 – 64%) • 3 von 5 Studien zu Ausdauertraining sign. Effekt • Methodische Qualität (-) 	-	-
2015	ES	Bergamini, E., Morelli, F., Marchetti, F., Vannozzi, G., Polidori, L., Paradisi, F., ... & Delussu, A. S. (2015). Wheelchair propulsion biomechanics in junior basketball players: A method for the evaluation of the efficacy of a specific training program. <i>BioMed research international</i> , 2015.	WC Y (17,1)	<p>Methode zur Leistungsmessung über Sensoren (biomechanical performance indicators) und Konzeption eines Trainingsprogrammes für jugendliche Sportler*innen im Basketball</p> <p>Trainingsprogramm:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kraft: Mm. biceps, trizeps, trapezius, Schulter Abduktion und Adduktion mit Therabändern • 3 Sätze: 15 – 20 Wh • Rhythmisierung: Wo: 1 & 3 Kraft, Wo: 2 & 4 Koordination • 2 x / Wo, 90 min, über 3 Monate • Koordination: Orientierung, Differenzierung, Reaktions- und Anpassungsfähigkeit, Kombinations- und Rhythmisierungsfähigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Keine sign. Verbesserungen im 20 Meter Sprinttest • Athleten hatten dieselben Leistungen, wie Leistungssportler derselben Disziplin, um fehlende Verbesserungen zu deuten • Sprinttest erklärt 80% der Abweichungen und gilt als sensitiver Feldtest 	12	Ja (6)
2010	PS	Turbanski, S., & Schmidbleicher, D. (2010). Effects of heavy resistance training on strength and power in upper extremities in wheelchair athletes. <i>The Journal of Strength & Conditioning Research</i> , 24(1), 8-16.	WC, A (29,3)	<p>Auswirkungen von Krafttraining mit hohen Lasten bei Rollstuhlsportlern</p> <p>Trainingsprogramm über 8 Wo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 x / Wo • 10 – 12 Wh, 5 Serien, 70 – 75% vom 1RM • Pausen 3 – 5 min • Übungen mit freien Gewichten (Bankdrücken) <p>Gruppen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rollstuhlsportler (n=8) • Sportstudenten (n=8) 	<p>10 Meter Sprint test</p> <p>Max. Bankdrücken</p> <ul style="list-style-type: none"> • Max. Beschleunigung • Max. Geschwindigkeit • Max. isometrische Kraft bei fixierter Hantelstange beim Bankdrücken (F) • Max. rate of force development (RFD) <p>→ Sign. Verbesserungen in beiden Gruppen → Höhere max. RFD für WC. (p 0.01) (max. RFD in SCI +71,5%, p=0.021)</p>	16	Ja (8)

Jahr	Art	Autor, Titel	WC / G Alter (Y/A)	Teilnehmer*innen & Training	Outcome & Ergebnisse	n	Ctrl. (n)
2006	CT	Nawoczinski, D. A., Ritter-Soronon, J. M., Wilson, C. M., Howe, B. A., & Ludewig, P. M. (2006). Clinical trial of exercise for shoulder pain in chronic spinal injury. <i>Physical therapy</i> , 86(12), 1604-1618.	WC A (42,6)	<p>Heimtraining zur skapulären Führung für Erwachsene Rollstuhlfahrer*innen</p> <p>8 Übungen Stretching und statische Kräftigung in endgradiger Position über 8 Wochen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3 – 20 Wh, 3 Sätze pro Übung • Initiale EMG Biofeedback zur Ansteuerung • Dehnung: Trapezius, pectoralis major (gegen Wand), LBS, posteriore Schulterkapsel (Rückenlage) • Kräftigung: Serratus anterior, Trapezius (pars medius und descendens), RM in externaler Rotation 	<ul style="list-style-type: none"> • Schmerzindex für Rollstuhlfahrer (WUSPI) (+) (-20%) • Shoulder Rating Questionnaire (SRQ) (+) (+29% post Intervention) • Keine Veränderungen in Ctrl. 	41	Ja (20)
1995	PS	O'Connell, D. G., & Barnhart, R. (1995). Improvement in wheelchair propulsion in pediatric wheelchair users through resistance training: a pilot study. <i>Archives of physical medicine and rehabilitation</i> , 76(4), 368-372	WC Y (10,3)	<p>Zirkeltraining mit Kraftübungen für Kinder im Rollstuhl (Alter: 4,8 bis 16,4) mit zerebraler Parese und Myelomeningozele</p> <p>8 WoTraining – Prä-Post-Design</p> <ul style="list-style-type: none"> • 6 Wh Oberkörperkraft a 3 Sätze • 3 x / Wo, 30 min pro Training • RM, Schulter: Abduktion, Extension, Flexion, Innenrotation und Außenrotation (Bankdrücken) 	<ul style="list-style-type: none"> • 50 Meter dash Test (Ø) (Verbesserung um 20%) • 12 min wheelchair Test (+) (p = 0,031) • Sign. Übungsprogress der 6 Wh Übungen in Extension (p < 0,031): IRO ARO Aduktion Ellenbogenflexion Ellenbogenextension Bankdrücken • Verbesserung Fortbewegung im Rollstuhl durch Krafttraining 	6	Nein

MW des Alters der Teilnehmer*innen in Klammern, Anzahl der Kontrollgruppe in Klammern

Tabelle 12: Trainingsinterventionen der OEX für Jugendliche und Erwachsene im Rollstuhl

Jahr	Art	Autor, Titel	WC (J/nein) Alter (Y/A)	Teilnehmer*innen & Training	Outcome & Ergebnisse	n	Ctrl. (n)
2018	ES	Comel, J. C., Nery, R. M., Garcia, E. L., da Silva Bueno, C., de Oliveira Silveira, E., Zaranonello, M. M., & Stefani, M. A. (2018). A comparative study on the recruitment of shoulder stabilizing muscles and types of exercises. <i>Journal of exercise rehabilitation</i> , 14(2), 219.	G A (22)	Ansteuerung (recruitment) der Schulter durch PNF-Übungen vs. Hantelübungen (Alter: 18 – 35) PNF: <ul style="list-style-type: none"> • diagonale Hebebewegung, liegend • 75% Maximaler Last (ermittelt durch BORG-Skala bzw. 1RM für Hantel) • Diagonale Armhub • Externe Rotation und Abduktion 	EMG des: M. pectoralis und M. trapezius der dominanten Hand: <ul style="list-style-type: none"> • PNF sign. bessere Rekrutierung der Schulter stabilisierenden Muskulatur bei diagonalen Übungen 	21	Nein
2016	RCT	Balci, N. C., Yuruk, Z. O., Zeybek, A., Gulsen, M., & Tekindal, M. A. (2016). Acute effect of scapular proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) techniques and classic exercises in adhesive capsulitis: a randomized controlled trial. <i>Journal of physical therapy science</i> , 28(4), 1219-1227.	A (57,8)	Effekte auf Schulterblatt von PNF gegenüber konservativen Übungen bei adhäsiver Kapsulitis 3 Gruppen: PNF und Physiotherapie (I, n=18) <ul style="list-style-type: none"> • Rhythmic initiation technique • Repeated contraction technique • 20 s Pause zwischen Kontraktionen Kons. Übungen und Physiotherapie (PT, n=18) <ul style="list-style-type: none"> • 4 Serien Pendelübungen • 1 Serie, 20 Wh mit Kraftübungen (Skapulaelelevation, Adduktion, Skapulastabilisation mit Ball) Physiotherapie (Ctrl.=17)	VAS (+ in I und Ctrl.) Lateral Scapula Slide Test (LSST) (Ø) ROM: (+) in Abduktion in allen Gruppen Keine Unterschiede nach Intervention in allen Gruppen	53	Ja (17)

<p>2016</p>	<p>RCT</p>	<p>Dilek, B., Gulbahar, S., Gundogdu, M., Ergin, B., Manisali, M., Ozkan, M., & Akalin, E. (2016). Efficacy of proprioceptive exercises in patients with subacromial impingement syndrome: a single-blinded randomized controlled study. <i>American journal of physical medicine & rehabilitation</i>, 95(3), 169-182.</p>	<p>A (49,4)</p> <p>Propriozeptives Training für subakromiales Impingement bei Erwachsenen (Alter: 39 – 61)</p> <p>Einfach verblindete, kontrollierte Studie im Prä-Post-Design und ein Verlaufswert</p> <p>Gruppen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Konservative Therapie und propriozeptives Training (n = 31) • konservative Physiotherapie (n=30) <p>Dauer: 6 Wochen, 3 x /Wo:</p> <p>Keine Angaben zu Belastungsmerkmalen</p> <p>Konservatives Training:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schulterpendelübungen • aktive Mobilisation mit Stock • Dehnung der posterioren Schulterkapsel • Isometrische Kräftigung der RM und Deltamuskel mit Theraband • Schulterzüge, press ups, push ups <p>Propriozeptives Training:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isometrische Kraftübungen gegen die Wand • Balanceübungen auf balance board im Kniestand • Dynamische Kraftübungen mit Ball an der Wand • Skapulastabilisation in Kniestand mit einem Arm auf Weichmatte und Balance Pad 	<p>Auswirkungen auf: nach 6 und 12 Wochen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • VAS (+) • Joint Position Sense (JSP) in ARO (+ bei 0° in allen Gruppen) (+ bei 10° in I) • Western Ontario Rotator Cuff Index (WORC) • American Shoulder and Elbow Surgeons Index • ROM (+) • Isometrische Kraft nach 6 Wochen (beide Gruppen) • Isometrische Kraft nach 12 Wochen (Ø) 	<p>61</p>	<p>Ja (30)</p>
<p>2015</p>	<p>PS</p>	<p>Kim, J. J., Lee, S. Y., & Ha, K. (2015). The effects of exercise using PNF in patients with a supraspinatus muscle tear. <i>Journal of physical therapy science</i>, 27(8), 2443-2446.</p>	<p>A (48,75)</p> <p>Effekt von PNF auf subjektiven Schmerz und Durchblutung nach SSP-Rupturen</p> <p>Prä-post-Design</p> <p>Gruppen:</p> <p>PNF (n=10) - postisometrische Dehnung in IRO und ARO</p> <p>Simple Dehnungsübungen (n=10)</p> <p>Training: 12 Wochen</p> <p>Keine Angabe zu Belastungsmerkmalen</p>	<p>Durchblutung (+) VAS (Ø) DASH-Score (+)</p> <p>Keine Unterschiede zwischen den Gruppen</p>	<p>20</p>	<p>Ja (10)</p>

Jahr	Art	Autor, Titel	WC / G Alter (Y/A)	Teilnehmer*innen & Training	Outcome & Ergebnisse	n	Ctrl. (n)
2015	RCT	Salles, J. I., Velasques, B., Cossich, V., Nicoliche, E., Ribeiro, P., Amaral, M. V., & Motta, G. (2015). Strength training and shoulder proprioception. <i>Journal of athletic training</i> , 50(3), 277-280.	G A (20,8)	Auswirkungen variierender Intensität bei Krafttraining auf die Propriozeption bei gesunden Männern Training: 8 Wo, 3 x / Wo 4 Übungen, 8 – 9 Wh, 2 Serien Bankdrücken, Zughübungen (latissimus dorsi), Schulterdrücken, enges Rudern Gruppen: Krafttraining mit gleichbleibender Last (n=24) Krafttraining mit variierender Last (n=27) Kein Krafttraining (30)	JPS bei IRO und ARO (+) bei gleichbleibender Last vgl. variierender Last • Verbesserungen der Propriozeption und neuromotorische Kontrolle gleichbleibender Last sinnvoller	90	Ja (30)
2014	RCT	Marzetti, E., Rabini, A., Piccinini, G., Piazzini, D. B., Vulpiani, M. C., Vetrano, M., ... & Saraceni, V. (2014). Neurocognitive therapeutic exercise improves pain and function in patients with shoulder impingement syndrome: a single-blind randomized controlled clinical trial. <i>Eur J Phys Rehabil Med</i> , 50(3), 255-64	A (62,1)	Neurokognitives und propriozeptives Training bei Impingement der Schulter Gruppen: neurokognitives Training (I, n=24) Konservatives Training (n=24) Training: 5 Wo, 3 x /Wo, 60 min \sum 15 Einheiten 10 Übungen (Zentrierung Humeruskopf, skapuläre Führung, Verbesserung der ROM) - bewegen durch Therapeuten, dann mitbewegen (Ansteuern), dann selbst bewegen Propriozeptives Training bei RM-Beschwerden für Pflegekräfte Gruppen: • Propriozeptives Training und konservative Therapie (I, n=8); zusätzliche Übungen für den Gelenksinn, dynamische Stabilisationsübungen, PNF • Konservative Therapiegruppe: Pendeln, Stretching, Kraftübungen, Cryotherapie (Ctrl, n=8)	DASH-Score (+ in beiden Gruppen) ROM (+ in beiden Gruppen) Constant-Murley Score (+ in beiden Gruppen) VAS (+ in I) • I frühere Verbesserung DASH-Score • I 24 mo post Verbesserungen • I verbesserte sich graduell im DASH-Score schneller und nachhaltiger	48	Ja (24)
2012	RCT	Martins, L. V., & Marziale, M. H. (2012). Assessment of proprioceptive exercises in the treatment of rotator cuff disorders in nursing professionals: a randomized controlled clinical trial. <i>Brazilian Journal of Physical Therapy</i> , 16(6), 502-509.	A (k.a.)	Propriozeptives Training und konservative Therapie (I, n=8); zusätzliche Übungen für den Gelenksinn, dynamische Stabilisationsübungen, PNF • Konservative Therapiegruppe: Pendeln, Stretching, Kraftübungen, Cryotherapie (Ctrl, n=8)	Tests: BL, nach Intervention und 12 und 24 Wochen post Intervention: WORC (+ in I) Occupational Stress Indicator (OSI) (Ø in beiden Gruppen) Visual Numeric Scale (VNS) (+ beide Gruppen) Keine sign. Unterschiede zwischen den Gruppen	16	Ja (8)

Jahr	Art	Autor, Titel	WC / G Alter (Y/A)	Teilnehmer*innen & Training	Outcome & Ergebnisse	n	Ctrl. (n)
2006	CT	Björklund, M., Djupsjöbacka, M., & Crenshaw, A. G. (2006). Acute muscle stretching and shoulder position sense. <i>Journal of athletic training</i> , 41(3), 270.	G A (22.5)	Effekt von Stretching auf JPS der Schulter Randomisiertes, dreiarmliges Prä-Post-Design Postisometrische Dehnung: <ul style="list-style-type: none"> • 3 Sätze • 5 s submaximale, isometrische Kontraktion • 2- 3 s Entspannung • 20 s Dehnung halten Gruppen: <ul style="list-style-type: none"> • Dehnung der Agonisten (pectoral) • Dehnung der Antagonisten (deltoidal) • Kein Stretching 	Genauigkeit des JPS der Schulter in 15° und 30° (Ø) in allen Gruppen Dehnung hat keinen akuten Effekt auf JPS der Schulter	18	Ja (k.a.)
2006	Clinical commentary	Wilk, K. E., Macrina, L. C., & Reinold, M. M. (2006). Non-operative rehabilitation for traumatic and atraumatic glenohumeral instability. <i>North American journal of sports physical therapy: NAJSPT</i> , 1(1), 16.	-	Zusammenfassung von 7 Parametern zum Design von nicht-operativen Interventionen für Schulterinstabilitäten <ol style="list-style-type: none"> 1) Beginn der Pathologie (akut, traumatisch, chronisch, wiederkehrend) 2) Grad der Instabilität 3) Frequenz von Luxation 4) Richtung der Instabilität (anterior, posterior, multidirektional) 5) Begleitpathologien 6) Neuromuskuläre Kontrolle 7) Aktivitätslevel 	Empfehlungen zu Trainingsmaßnahmen: <ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung der muskulären Rekrutierung (submaximale, isometrische Übungen) • Verbesserung der Gelenkstabilisierung und Schulterblattführung durch intermuskuläre Koordinationsverbesserung und muskuläre co-Kontraktionen in IRO und ARO (statische Halteübungen gegen rhythmisch-dynamischen Widerstand von außen) • Funktionale Kraftübungen gegen dynamischen Widerstand bspw. instabiler Untergrund (closed kinetic chain exercises) zur Verbesserung der Propriozeption • Kräftigungsübungen (mit konzentrischer und exzentrischer Last) der RM und der scapulothorakalen Führung zur muskulären Balance • Verbesserung intersegmentaler Koordination und Kraftübertragung mit dem Rumpf (Push ups) • Zugübungen in endgradigen Positionen zur Verbesserung der neuromuskulären Kontrolle (geringe Last, hohe Wiederholungszahl oder 30 bis 60 s Intervalle) • Back to sports Phase mit plyometrischen Kraftübungen des Schulterkomplexes und sportsspezifische Übungen 	-	-

2002	S	Swanik, K. A., Swanik, C. B., Lephart, S. M., & Huxel, K. (2002). The effect of functional training on the incidence of shoulder pain and strength in intercollegiate swimmers. <i>Journal of Sport Rehabilitation, 11</i> (2), 140-154.	G A	Effekte eines funktionellen Trainings auf Schulterschmerzen bei Schwimmern Studiendesign: Prä-Post-Design Training: 6 Wo Häufigkeit: 3 x / Wo 10 Wh, 3 Sätze, 1 Serie Übungen (7): <ul style="list-style-type: none"> • Zugseiltraining 3 x 10 Wh <ul style="list-style-type: none"> ○ Hohe IRO & ARO 90° ○ Horizontale Abduktion & Adduktion • Gewichtsübungen (907g) in Neige <ul style="list-style-type: none"> ○ IRO & ARO 120° ○ Abduktion (liegend) • Liegestütz mit Scapulaprotraktion (max out) 	<ul style="list-style-type: none"> • Intervallzyklen von Präventionstrainings mit individuellen Belastungsmerkmalen angepasst auf Leistungsstand, Zielstellung und Fähigkeiten • Sign. weniger Vorkommen von Schulterbeschwerden (Neer, Hawkins) • Keine sign. Änderung isokinetischer Schulterkraft 	26	Ja (13)
-------------	---	--	--------	--	---	----	------------

Tabelle 13: Sensomotorisches Training der oberen Extremitäten

Jahr	Art	Autor, Titel	WC / W / G Alter (Y/A)	Teilnehmer*innen & Training	Outcome & Ergebnisse	n	Ctrl. (n)
2016	CT	Kim, J. W., Kim, Y. N., & Lee, D. K. (2016). The effect of combined exercise with slings and a flexi-bar on muscle activity and pain in rotator cuff repair patients. <i>Journal of physical therapy science, 28</i> (10), 2890-2893.	A (44,15)	Effekt von Flexi-Bar Übungen mit Schlinge auf Muskelaktivität und Schmerz RM-Ruptur Studie: Prä-Post-Design Training: 3 Wo, 6 x /Wo, 40 min Beide Gruppen: TENS & passive Mobilisation Intervention: zusätzlich Flexi-Bar Übungen Flexi-Bar Übungen: 3 Wo, 3 x /Wo, 50 min Sitzende Position, Schlinge entlastete den Arm <ul style="list-style-type: none"> • Auf- / Abschwünge in Pronation und Supination • Seitschwünge in Neutralposition 	<ul style="list-style-type: none"> • Muskelaktivität Schulter (EMG) (+ beide Gruppen) (+ vgl. Ctrl.) • Schmerzen (VAS) (+ beide Gruppen) (+ vgl. Ctrl.) 	20	Ja (10)

Jahr	Art	Autor, Titel	WC / W / G Alter (N/A)	Teilnehmer*innen & Training	Outcome & Ergebnisse	n	Ctrl. (n)
2015	PS	Da, Y. C., Chung, S. H., & Shim, J. H. (2015). Comparisons of shoulder stabilization muscle activities according to postural changes during flexi-bar exercise. <i>Journal of physical therapy science</i> , 27(6), 1889-1891.	G A (20,56)	Effekt unterschiedlicher Körperhaltungen auf schulterstabilisierende Muskelaktivität bei Flexi-Bar Übungen: <ul style="list-style-type: none"> • mediolaterales Schwingen 90°Schulterabduktion • dorsoventrales Schwingen 90° Schulterflexion • superior-inferiore Schwingungen mit 90° Schulterflexion, Hand in 80° Pronation Übung: <ul style="list-style-type: none"> • 30 s Belastung, 90 s Pause (1:3), 3 Serien pro Übung 	Muskelaktivierung (EMG), Trapezius, Serratus Anterior, Infraspinatus <ul style="list-style-type: none"> • Aktivierung Serratus Anterior (+) • Trapezius (Ø) 	18	Nein
2010	ES	Mileva, K. N., Kadr, M., Amin, N., & Bowtell, J. L. (2010). Acute effects of Flexi-bar vs. Sham-bar exercise on muscle electromyography activity and performance. <i>The Journal of Strength & Conditioning Research</i> , 24(3), 737-748.	G A (20,6)	Effekte von Flexi-Bar Übungen auf Muskelaktivität und maximal willkürliche Kontraktion (MVC) <p>Studiendesign: Prä-Post-Design vor und nach Ausführung, wiederholte, reliable Messungen (sham-controlled)</p> Training: 2 Versuche <ul style="list-style-type: none"> • 30 s Belastung, 90 s Pause (1:3), 4 Serien 	MVC (EMG) <ul style="list-style-type: none"> • Höhere Ermüdungserscheinungen der Muskulatur nach Flexi-Bar-Übungen (Vgl. Sham-Bar) • Flexi-Bar Übungen erzeugen intensivere Trainingsreize in submaximalen Belastungen 	9	Nein
Jahr	Art	Autor, Titel	WC / G Alter (N/A)	Teilnehmer*innen & Training	Outcome & Ergebnisse	n	Ctrl. (n)
2002	PS	Jerosch, J., & Wüstner, P. (2002). Effekt eines sensomotorischen Trainingsprogramms bei Patienten mit subakromialem Schmerzsyndrom. <i>Der Unfallchirurg</i> , 105(1), 36-43.	A (37)	Effekte eines SMT auf Patienten mit subakromialen Schmerzsyndrom <p>Studiendesign: Prä-Post-Design</p> Skapulothorakale und glenohumerale Stabilisation durch reaktives SMT mit Schwingstäben (Bodyblade®) <p>Training: 4 Wo Häufigkeit: 4 x / Wo</p>	Constant Score (+) UCLA Score (+) Bewegungswahrnehmung (+) JPS Schulter (Ø)	32	nein

Tabelle 14: Trainingsinterventionen mit Schwingstäben für die Schulter

7 Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Florian Liepe, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: Sensomotorisches Training für Kinder und Jugendliche im Rollstuhl – eine Pilotstudie (Sensorimotor training for children and young adolescents using wheelchairs – a pilot study), selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren*innen beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) werden von mir verantwortet.

Ich versichere ferner, dass ich die in Zusammenarbeit mit anderen Personen generierten Daten, Datenauswertungen und Schlussfolgerungen korrekt gekennzeichnet und meinen eigenen Beitrag sowie die Beiträge anderer Personen korrekt kenntlich gemacht habe (siehe Anteilserklärung). Texte oder Textteile, die gemeinsam mit anderen erstellt oder verwendet wurden, habe ich korrekt kenntlich gemacht.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Erstbetreuer/in, angegeben sind. Für sämtliche im Rahmen der Dissertation entstandenen Publikationen wurden die Richtlinien des ICMJE (International Committee of Medical Journal Editors; www.icmje.org) zur Autorenschaft eingehalten. Ich erkläre ferner, dass ich mich zur Einhaltung der Satzung der Charité – Universitätsmedizin Berlin zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis verpflichte.

Weiterhin versichere ich, dass ich diese Dissertation weder in gleicher, noch in ähnlicher Form bereits an einer anderen Fakultät eingereicht habe.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§§156, 161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

8 Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

9 Danksagung

Ich möchte mich bei den Menschen bedanken, ohne deren Hilfe und Rückhalt diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre. Zunächst danke ich PD Dr. med. Julia Funk als meiner Doktormutter für ihre Zeit und die Betreuung der gesamten Arbeit mit Zeit, Rat und Geduld. Mein Dank gilt Prof. Dr. med. Bernd Wolfarth als Zweitbetreuer für die Zusammenarbeit und den Arbeitsrahmen in der Abteilung für Sportmedizin. Ich möchte mich für ein freundliches Arbeitsklima und für die fachliche und menschliche Unterstützung während der gesamten Zeit herzlich bedanken.

Ich danke den Kollegen der Trainings- und Bewegungswissenschaft für ihre fachliche Unterstützung und ein freundliches Arbeitsklima bei auftretenden Fragen. Besonders möchte ich Dr. Arno Schroll bedanken, der sich auch für Fragen zwischen Tür und Angel Zeit nahm und immer ein offenes Ohr hatte. Mit dieser Hilfe habe ich mich sehr wertgeschätzt gefühlt. Außerdem möchte ich meinen Dank an PD Dr. Gerhart Bayer aussprechen, für das Klären diverser fachlicher Fragen. Ich danke Dr. Susanne Lebek für geduldige, ausführliche und humorvolle Korrekturen mit hohem Mehrwert für mich und diese Arbeit. Dr. Martin Bartsch danke ich für die Strukturierung, die konstruktiven Ratschläge und moralischen Beistand während der Arbeit.

Nicht zuletzt gilt mein Dank allen Trainierenden, die das Trainingsprogramm realisierten und mich mehrfach herzlich zum Lachen gebracht haben. Sie haben mir die Arbeit zum Hobby gemacht. Ich möchte mich darüber hinaus bei allen Eltern, Schulleiter*innen und Trainern*innen für ihr Vertrauen bedanken. Mein besonderer Dank geht an Stephan Steinl, der mich mit seiner Begeisterung motivierte, das Projekt dauerhaft zu implementieren. Ebenfalls danke ich Jutta für das fleißige Gegenlesen, sowie Steffen Görzdorf für professionellste Hilfestellung zur Lesbarkeit des Textes mit Feedback und Austausch. Mein größter Dank gilt meinen Eltern, meinem Bruder Adrian und meinem Freund Stefan für einfach alles.

10 Bescheinigung statistische Beratung

HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN



HU | Kultur-, Sozial- und Bildungswissenschaftliche Fakultät | 10099 Berlin
Institut für Sportwissenschaft

**Kultur-, Sozial- und
Bildungswissenschaftliche
Fakultät**

Institut für Sportwissenschaft

Medizinische Fakultät Charité -
Universitätsmedizin Berlin
Campus Virchow-Klinikum
Promotionsbüro
Augustenburger Platz 1
13353 Berlin

Trainings- und
Bewegungswissenschaften

Dr. Arno Schroll
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Bescheinigung über Art und Umfang der statistischen Bearbeitung der Dissertation

Sehr geehrte Damen und Herren,

im Rahmen der Bearbeitung des Dissertationsthemas

„Sensomotorisches Training für Kinder und Jugendliche im Rollstuhl -
eine Pilotstudie“

„Sensorimotor training for children and young adolescents using
wheelchairs - a pilot study“

habe ich Herrn Florian Liepe zur statistischen Methodik der Arbeit
beraten und bescheinige hiermit die statistische Bearbeitung der oben
genannten Arbeit in Art und Umfang zur Erlangung des akademischen
Grades Dr. rer. Medic. als ausreichend.

Mit freundlichen Grüßen

Diplom-Mathematiker Dr. Arno Schroll

Datum:
30.04.2021

Bearbeiter/in:

Geschäftszeichen:

Postanschrift:
Humboldt-Universität zu Berlin
Unter den Linden 6
10099 Berlin
Telefon: +49 30 2093- 46021

Arno.Schroll@hu-berlin.de
www.hu-berlin.de

Sitz:
Philippstr. 13, Haus 11
Raum 1.21
10115 Berlin