

Critically Appraised Topic (CAT)

Titel des CAT

Robotergestütztes Training und konventionelle Therapie haben einen vergleichbaren Effekt auf die Funktionsfähigkeit der oberen Extremitäten in der subakuten Phase einer Tetraplegie.

Autorin, E-Mailadresse, Datum

Gabi Bucher, gabi.bucher@gmx.ch, 05.12.2020

Frage des CAT

Welchen Effekt hat robotergestütztes Training auf die Verbesserung der Funktionsfähigkeit der oberen Extremitäten in der subakuten Phase einer Tetraplegie im Vergleich zur konventionellen Therapie?

Eine Querschnittlähmung trifft den Betroffenen meist plötzlich und unerwartet. Die Inzidenz liegt weltweit bei 250`000 bis 500`000 Fällen pro Jahr, geschätzte 53% davon erleiden eine Tetraplegie (World Health Organization, 2013).

Zur Verbesserung der Funktionsfähigkeit der oberen Extremitäten in der subakuten Phase einer Tetraplegie gibt es heute verschiedene Therapiemethoden, deren Wirksamkeit wissenschaftlich untersucht wurden (Zariffa et al., 2012, Francisco et al., 2017). Das können beispielsweise funktionelle Elektrostimulation, Brain-Computer-Interface oder konventionelle Ergotherapie (OT) sein.

Eine Methode, die in vergangener Zeit viel Beachtung erhielt, ist die Robotik-Therapie (RT). Es wird beschrieben, dass sich die Intensität und die hohe Anzahl an repetitiven Wiederholungen positiv auf das motorische Lernen und die Funktionsfähigkeit auswirken könnte (Jung et al., 2019, Kim et al., 2018). Evidenzen in Bezug auf Robotik-Therapie und Querschnittlähmung sind jedoch nur spärlich zu finden.

Die konventionelle Ergotherapie geht davon aus, dass der therapeutische Ansatz über die Betätigung, die der Patient als bedeutungsvoll angibt, das vorrangige Mittel sein soll, um die Ziele der Rehabilitation zu erreichen (Fisher, 2014).

Janssen (2018) erachtet das Vorhandensein von gewissen funktionellen Fähigkeiten als notwendig, damit der Übertrag von funktionellem Training und Betätigungen in der Variabilität der Alltagsanforderungen eingesetzt werden kann. Aus diesem Grunde sind Ergotherapeuten gefordert, sich mit den besten verfügbaren Evidenzen für die motorische Rehabilitation auseinanderzusetzen.

Zusammenfassung der Resultate der gefundenen und beurteilten Studien

Vergleichbare Fortschritte haben die 30 Studienteilnehmer in der Studie von Jung et al. (2019) erzielt, welche neben dem Rehabilitationsprogramm zusätzlich über 5 Wochen, 3 x wöchentlich je 40 Minuten Interventionen durchliefen. Die 17 Teilnehmer der Interventionsgruppe erhielten eine kombinierte, repetitive Robotik-Therapie mit Armeo Power (AP) und Amadeo (A), die 13 Teilnehmer der Kontrollgruppe erhielten konventionelle Ergotherapie, welche sich auf aufgabenorientierte Kräftigung und feinmotorisches Training, individualisiert angepasst und unter Einschluss der ganzen Muskelkette, von proximal nach distal laufend, konzentriert hat. In beiden Gruppen zeigte sich eine Zunahme der Graded and Redefined Assessment of Strength, Sensibility and Prehension (GRASSP)-Kraft, des Spinal Cord Independence Measurement III (SCIM III), und des Motorscore der oberen Extremitäten (UEMS) sowie eine verbesserte Griff-/Kneifkraft. Die Verbesserungen zeigten sich in unterschiedlichen Items oder Muskeln. Signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen gab es nicht.

In der Studie von Kim et al. (2018) mit 30 Studienteilnehmern, welche sich vor allem auf die Kräftigung der Kennmuskeln mittels Robotik-Therapie mit Armeo Power (AP) oder konventioneller Ergotherapie konzentriert haben, sind vergleichbare Fortschritte erzielt worden. Die Teilnehmer durchliefen neben dem Rehabilitationsprogramm zusätzlich über 4 Wochen, 5 x wöchentlich je 30 Minuten Interventionen und waren eingeteilt in zwei Gruppen zu 15 Teilnehmern. Gemessen wurde mittels UEMS und SCIM III. Es gab kleine Verbesserungen der UEMS und in den SCIM III Ergebnissen in der RT-Gruppe. Statistisch gesehen gab es jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen.

Es bestehen gewisse Evidenzen, dass sowohl Robotik-Therapie, als auch konventionelle Ergotherapie die Verbesserung der Funktionsfähigkeit, in der subakuten Phase einer Tetraplegie, unterstützen könnte. Jung et al. (2019) und Kim et al. (2018), weisen auf Einschränkungen ihrer Studien hin und erläutern, dass weitere Studien erforderlich sind, um genaue Aussagen machen zu können.

Zusammenfassung der praxisrelevanten Schlussfolgerungen & Empfehlungen der Autorin dieses CATs

Zur Verbesserung der Funktionsfähigkeit der oberen Extremitäten in der subakuten Phase einer Tetraplegie empfiehlt sich die Kombination von Robotik-Therapie und konventioneller Ergotherapie, sofern die Infrastruktur vorhanden ist (Jung et al., 2019). Die Kombination einer hohen Anzahl an repetitiven Wiederholungen durch Robotik-Therapie und aufgabenorientierter Kräftigung sowie feinmotorischem Training, mit Fokus auf die ganze von proximal nach distal führende Muskelkette, scheinen den grössten Effekt auf das motorische Lernen und die Funktionsfähigkeit der oberen Extremitäten zu haben.

Suchworte für diesen CAT (Stichworte, Schlüsselworte, Synonyme)

• Patient/ Klient/Gruppe:	spinal cord injuries, tetraplegic, subacute, rehabilitation
• Intervention:	robotics therapy, conventional occupational therapy
• Outcome/s:	motor function, upper extremity OR upper limb

Benutzte Datenbanken/ Webseiten/ Zeitschriften

- PubMed
- CINAHL
- Cochrane Library
- Medline
- LIVIVO
- OT Seeker
- Website Hocoma, Klinische Forschung
- Website Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaft e.V., Leitlinienreport der S2e-Leitlinien
- Website World Health Organization
- Schneeballprinzip, die Quellen der gefundenen Literatur wurden auf weitere verwendbare Studien untersucht

Einschlusskriterien für Artikel für diesen CAT

- Subakute Phase, maximal 24 Monate nach Tetraplegie (C2 - C8), AIS A-D
- Studienteilnehmer mindestens 18 Jahre alt
- In der Lage, Anweisungen zu verstehen
- Interventionsgruppe mit Robotik-Training
- Kontrollgruppe mit konventioneller Ergotherapie
- Klinische Studien der Jahre 2015 bis 2020
- Messungen der Auswirkungen auf Motorische Erholung
- Es werden nur Randomized Controlled Trials (RCT`s) eingeschlossen

Ausschlusskriterien

- Ursache der motorischen Schwäche nicht aufgrund spinal cord injury
- Schwere Spastik (3 oder mehr, Ashworth-Skala)
- Unfähigkeit, für mehr als 30 Minuten im Rollstuhl/Standardstuhl zu sitzen
- Begrenzter passiver Bewegungsbereich, weniger als 50% Normalbereich in Schulter-, Ellbogen- oder Handgelenk, starke Schulterschmerzen
- Funktionelle Elektrostimulation
- Brain-Computer-Interface
- Sehnen- und Nerventransferoperationen
- Chronische Phase nach Querschnittlähmung

Suchresultate

	Studie 1	Studie 2
Autoren (Jahr)	Junsik Kim, Bum Suk Lee, Hye-Jin Lee, Hye-Ri Kim, Duk-Youn Cho, Jung-Eun Lim, Jin-Ju Kim, Ha Yeon Kim, Zee-A Han (2018)	Joo Hwang Jung, Hye Jin Lee, Duk Youn Cho, Jung-Eun Lim, Bum Suk Lee, Seung Hyun Kwon, Hae Young Kim, Su Jeong Lee (2019)
Studiende- sign	Randomisierte kontrollierte Pilotstudie (Einfachblindverfahren)	Randomisierte kontrollierte Studie
Probanden/ Teilnehmen- de	34/30 Patienten mit Tetraplegie, C2-C8, AIS A bis D Weniger als 12 Monate nach Ereignis	38/30 Patienten mit Tetraplegie, C2-C8, AIS A bis D Weniger als 24 Monate nach Ereignis
Interventi- onsgruppe Roboterthe- rapie (RT)	Funktionelles Übungsprogramm RT mit Armeo Power (AP). Fokus: Intensität, Wiederholung (100-300) mit Unterstützung oder gegen Widerstand, individualisiert, mit audiovisuellem Feedback, allg. Kräftigung der Kennmuskeln. Standardprogramm, zusätzlich 5x Wo + 30 min RT, für 4 Wo	Kombinierte RT mit Armeo Power (AP) und Amadeo (A). Fokus: Repetitives Training mit audiovisuellem Feedback, Kräftigung ganze Muskelkette Standardprogramm, zusätzlich 3x Wo + 40 min RT, für 5 Wo
Kontroll- gruppe Ergotherapie (OT)	Training der Aktivitäten des täglichen Lebens. Fokus: Essen, Körperpflege, Transfer, Druckentlastung, Kräftigung durch Hanteltraining oder Übungen gegen Widerstand, allg. Kräftigung der Kennmuskeln. Standardprogramm, zusätzlich 5x Wo + 30 min OT, für 4 Wo	Aufgabenorientierte Kräftigung Fokus: Aufgabenorientierte Kräftigung und feinmotorisches Training, individualisiert, ganze Muskelkette, teilweise visuelles Feedback Standardprogramm, zusätzlich 3x Wo + 40 min OT, für 5 Wo
Messungen/ Assessments	UEMS/MRC Skala SCIM III 0 Wo, 4 Wo	UEMS/MRC Skala SCIM III GRASSP 0 Wo, 5 Wo



Resultate	<p>Es gab signifikante Verbesserungen in der UEMS und den SCIM-III Ergebnissen in der RT-Gruppe, jedoch statistisch gesehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden untersuchten Gruppen.</p>	<p>Die UEMS beider Gruppen wurde signifikant erhöht und im SCIM-III zeigten beide Gruppen einen signifikanten Anstieg der Gesamtpunktezahl, jedoch in unterschiedlichen Items.</p> <p>In beiden Gruppen gab es signifikante Erhöhungen der Kraftwerte im GRASSP mit unterschiedlichen Ergebnissen in den Muskeln sowie signifikante Verbesserungen im qualitativen und quantitativen Greifen. In der RT-Gruppe zeigten sich die Verbesserungen eher in den proximalen, in der OT Gruppe eher in den distalen Anteilen.</p> <p>Bei den Messungen gab es statistisch gesehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden untersuchten Gruppen.</p>
------------------	--	---

Synthese der Autorin dieses CATs aus den Ergebnissen der Studien

Beide Studien untersuchten Patienten mit einer Tetraplegie in der subakuten Phase, die gemäss Klassifizierung der American Spinal Injury Association (ASIA) Impairment Scale (AIS), vergleichbar waren.

Vergleichbare Fortschritte haben die 30 Studienteilnehmer in der Studie von Jung et al. (2019) erzielt, welche eine kombinierte, repetitive Robotik-Therapie (AP und A) oder konventionelle Ergotherapie mittels aufgabenorientierter Kräftigung und feinmotorischem Training, welches individuell abgestimmt war, erhalten haben. Deren Behandlungsprogramm war von proximal nach distal verlaufend, in Kombination mit der ganzen Muskelkette, aufgebaut. Parallel zum Rehabilitationsprogramm durchliefen 17 Studienteilnehmer über 5 Wochen zusätzlich 3 x wöchentlich 40 Minuten RT-Therapie und 13 Teilnehmer in gleichem Umfang OT-Therapie.

In der Studie von Jung et al. (2019) wurde diejenige Seite des Körpers für Interventionen ausgewählt, welche den niedrigeren motorischen Score (UEMS) der oberen Extremitäten aufwies. In beiden Gruppen wurde der Fokus auf die Behandlung der ganzen, von proximal nach distal führenden Muskelkette, gelegt. Die distale Kette wurde in der der RT-Gruppe zusätzlich durch Amadeo, einer assistiven Robotik-Therapie für die Finger, unterstützt. In der OT-Gruppe, so beschreiben die Autoren, wurde der Schwerpunkt auf die aufgabenorientierte Kräftigung und feinmotorisches Training, nicht aber auf ADL-Training, gelegt. Nach 5 Wochen Interventionen zeigten beide Gruppen eine Zunahme der GRASSP-Kraft und der SCIM-III Ergebnisse, sowie eine signifikante Verbesserung in den MRC-Scala, jedoch mit unterschiedlichen Ergebnissen in den verschiedenen Muskeln oder Items. In der RT-Gruppe zeigte sich signifikante Verbesserung in der proximalen UEMS, in der OT-Gruppe eine signifikante Verbesserung der Greifkraft der distalen UEMS. Die Autoren weisen darauf hin, dass die taktile, sensorische Stimulation und das propriozeptive Feedback während der konventionellen OT dazu beigetragen haben könnte, gewisse motorische Kontrollfunktionen der distalen oberen Extremität wiederherzustellen. Im SCIM-III zeigte die RT-Gruppe signifikante Verbesserungen in drei Items, die OT-Gruppe nur bei einem Item. Die Autoren weisen darauf hin, dass alle Auswertungen in dieser Studie keinen signifikanten Unterschied im Vergleich der RT- und OT-Gruppe ergaben. Jung et al. (2019) empfehlen aufgrund der Ergebnisse, die RT-Therapie und konventionelle OT-Therapie in Kombination anzuwenden, da die Effektivität beider Therapieformen aufgezeigt werden konnte. Weiter wird auf die verschiedenen Einschränkungen dieser Studien hingewiesen, welche die Ergebnisse dieser Untersuchungen beeinflussen würden. Die Autoren weisen drauf hin, dass auch Klienten in der akuten Phase miteinbezogen wurden.

In der Studie von Kim et al. (2018) wurde diejenige Seite des Körpers für Interventionen ausgewählt, welche den niedrigeren motorischen Score (UEMS) der oberen Extremitäten aufwies. Bei der Durchführung des funktionellen Übungsprogrammes in der RT-Gruppe mit 15 Studienteilnehmern wurde der Fokus vor allem auf die Kräftigung der Kennmuskeln mit höherem Erholungspotential gesetzt. In der OT-Gruppe mit 15 Studienteilnehmern stand das Training der Aktivitäten des täglichen Lebens und Kräftigungsübungen mit Hanteln oder gegen Widerstand, mit Fokus auf die Kennmuskeln mit höchstem Erholungspotential im Vordergrund. Parallel zum

Rehabilitationsprogramm hatten die 30 Studienteilnehmer über 4 Wochen zusätzlich 5 x wöchentlich 30 Minuten RT-Therapie oder OT-Therapie.

In der Studie von Kim et al. (2018) wird darauf hingewiesen, dass sich nach 4 Wochen eine Verbesserung der UEMS in der RT-Gruppe aufzeigte. Keine der Veränderung war in der MRC-Skala der Kennmuskulatur statistisch signifikant. Betont wird der Vorteil der RT-Therapie, da diese mehr Wiederholungen bei höherer Intensität als die konventionelle OT-Therapie ermöglichen kann. Die objektive Beurteilung mittels Computersoftware und das audiovisuelle Feedback während der RT-Therapie werden als Vorteil erachtet. Sie weisen darauf hin, dass die konventionelle OT-Therapie hauptsächlich aus dem Training für Aktivitäten des täglichen Lebens besteht, entsprechend dem neurologischen Grad der Verletzung des Patienten. Die Anzahl der Wiederholungen oder das Fehlen von ausreichender Wiederholung könnte ein Nachteil sein. Hier verweisen die Autoren auch auf weitere Studien (Zariffa et al., 2012, Frullo et al., 2017).

Die Autoren der Kim Studie zeigten sich erstaunt, dass in der Auswertung des SCIM-III im Bereich der Subskala Selbstversorgung keine Verbesserungen ersichtlich waren. Verbesserungen konnten nur in der RT-Gruppe, in der Subskala Mobilität Zimmer und Bad und der Gesamtpunktzahl nachgewiesen werden. Statistisch gesehen gab es jedoch keinen signifikanten Unterschied zwischen der RT-Gruppe und der OT-Gruppe. Ebenso erstaunt zeigten sie sich über den leichten Rückgang des MRC-Scores bei acht Teilnehmern, welche nicht auf Schmerzen oder Müdigkeit zurück zu führen war. Die Ursache dafür wurde jedoch nicht weiter identifiziert. Die Autoren weisen auf die verschiedenen Einschränkungen dieser Studie hin. Es wird auf die spezifischen, in dieser Studie fehlenden Beurteilungsinstrumente wie der Action Research Arm Test (ARAT) und GRASSP hingewiesen. Wenn zukünftige Studien die beschriebenen Einschränkungen beheben können, gehen die Autoren dieser Studie davon aus, dass aussagekräftigere Informationen gemacht werden können.

Schlussfolgerungen der Autorin dieses CATs

Es scheinen momentan nur sehr wenige Studien zu existieren, welche Evidenzen zum Effekt von robotergestütztem Training im Vergleich zur konventionellen Ergotherapie, in der subakuten Phase einer Tetraplegie, beschreiben. Es konnten keine Studien von hoher Qualität identifiziert werden, welche entsprechende Untersuchungen durchgeführt haben. Zu finden sind Einzelstudien wie die von Sorenson & Manum (2018), welche die Gütekriterien nur teilweise erfüllt. Andere Studien untersuchten die RT-Therapie oder Patienten in der chronischen Phase einer SCI, ohne jedoch den Vergleich zur konventionellen OT-Therapie zu machen. In einigen Studien wurden in Kombination mit der RT-Therapie zusätzliche Interventionen wie Elektrostimulation oder Brain-Computer-Interface untersucht, was nicht der Fragestellung entspricht. In allen Studien sind die Stichgrößen sehr klein. Die meisten Studien, wie die von Francisco et al. (2017), Zariffa et al. (2011) und Klamroth et al. (2014) verweisen immer wieder auf gute Evidenzen bei Stroke Patienten.

Die Autoren Jung et al. (2019) und Kim et al. (2018) gehen von Verbesserungen in den Funktionsfähigkeiten aus, welche sich durch die RT-Therapie und die OT-Therapie verändert haben könnten und zeigen diese in ihren Untersuchungen auf.

Insgesamt besteht eine gewisse Evidenz, dass der Einsatz von RT-Therapie aufgrund der hohen Anzahl an repetitiven Wiederholungen, die motorische Erholung und Verbesserung der Funktionsfähigkeit in der subakuten Phase einer Tetraplegie begünstigen könnte. Es scheint, dass auch die konventionelle OT-Therapie durch die aufgabenorientierte Kräftigung und das feinmotorische Training eine Verbesserung der Funktionsfähigkeit unterstützen kann. Es ist jedoch auch davon auszugehen, dass ein Teil der neurologischen Erholung und Verbesserung der Funktionsfähigkeit bei motorisch inkompletten Patienten mit AIS B -D, wie sie in den Studien von Jung et al. (2019) und Kim et al. (2018) beschrieben werden, auf die natürliche neurologische Erholung und Plastizität des Rückenmarks zurückzuführen ist (Dierner et al., 2019). Die Probandenzahlen in den beiden Studien sind klein und die Interventionsmethoden nicht 1:1 vergleichbar. Die Einschränkungen, welche in beiden Studien beschrieben werden, lassen hinterfragen, wie hoch die Qualität dieser beiden randomisiert kontrollierten Studien ist.

Die Fragestellung kann nicht abschliessend beantwortet werden, da die Studien von Jung et al. (2019) und Kim et al. (2018) keine signifikanten Unterschiede zwischen der RT-Therapie und der konventionellen OT-Therapie festgestellt haben. Weitere Untersuchungen dazu sind notwendig.

Man könnte nun die Fragestellung erweitern und der Empfehlung von Jung et al. (2019) folgen. Die Autoren dieser Studie empfehlen, die RT-Therapie und die konventionelle OT-Therapie in Kombination anzuwenden, da aus ihrer Sicht die Effektivität beider Therapieformen aufgezeigt werden konnte. Daraus resultierend könnte man mit diesen Ergebnissen aus kombinierter RT-Therapie und OT-Therapie nicht nur die Verbesserung der Funktionsfähigkeit, sondern weiterführend die Auswirkungen auf die Partizipation und Lebensqualität der Betroffenen untersuchen.

Empfehlungen der/s Autors/in für die Praxis

Es gibt gute Hinweise dafür, dass die Verbesserung der Funktionsfähigkeit der oberen Extremitäten, durch ein sich wiederholendes, repetitives und aufgabenorientiertes Training beeinflusst werden kann (Jung et al., 2019). Es wird empfohlen, die Trainingsaufgaben der RT-Therapie und konventionellen OT-Therapie in Kombination anzuwenden und von den Zielen und Motivation der einzelnen Klienten abzuleiten (Sorensen & Manum, 2018).

Die Aufgaben und Intensität der Therapien sollten je nach Leistungsfähigkeit der Klienten gestaltet und angepasst werden. Die Ergotherapeuten, welche die Klienten in der subakuten Phase begleiten, sollten ihre therapeutischen Fertigkeiten nutzen und die beschriebenen Interventionen in möglichst bedeutungsvolle Betätigungen einbauen. Dabei sollen die Klienten auch feinmotorisches Training, das Greifen, Loslassen und Manipulieren von Gegenständen üben. Parallel dazu sollten die Klienten ein sich wiederholendes, repetitives und aufgabenorientiertes Training, wenn bereits vorhanden, Robotik-Therapie, durchführen, um sich zusätzlich auf die Kräftigung der oberen Extremitäten und die Neuroplastizität zu konzentrieren.

Elektrostimulation, Brain-Computer-Interface und weitere Interventionen, welche heute in der Forschung zunehmend untersucht werden, sollten zur Unterstützung funktionseller Bewegungsabläufe überprüft und angewendet werden. Zu den beschriebenen Methoden sollten weitere Untersuchungen durchgeführt werden.

Abkürzungen:

A	Amadeo (robotisch-/ sensorisches Finger-Hand Therapiegerät)
AP	Armeo Power (robotisches Exoskelett für Arm-/Handtherapie)
ARAT	Action Research Arm Test
ASIA	American Spinal Injury Association
AIS	Asia Impairment Scale (Score)
MRC-Skala	Medical Research Council Muscle Scale
MMT	Manual Muscle Test
OT	Occupational Therapy
RT	Robotic Therapy
SCI	Spinal Cord Injury
SCIM-III	Spinal Cord Independence Measurement Version III
UEMS	Upper Extremity Motor Score

Literaturliste

- Deutschsprachige Medizinische Gesellschaft für Paraplegiologie. (2020). *Leitlinienreport der S2e-Leitlinien «Verbesserung der Funktionsfähigkeit der oberen Extremitäten bei zervikaler Querschnittlähmung»*. Heruntergeladen von https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/179013l_S2e_Verbesserung-der-Funktionsfaehigkeit-der-oberen-Extremitaeten-bei-zervikaler-Querschnittlaehmung
- Diener, H., Steinmetz, H., & Kastrup, O. (2019). *Referenz Neurologie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Fisher, A. G. & Dehnhardt, B. (2014). *OTIPM: Occupational Therapy Intervention Process Model: Ein Modell zum Planen und Umsetzen von klientenzentrierter, betätigungsbasierter Top-down-Intervention*. Idstein: Schulz-Kirchner.
- Francisco GE, Yozbatiran N, Berliner J, O'Malley MK, Pehlivan AU, Kadivar Z, Fitle K, Boake C. (2017). Robot-assisted training of arm and hand movement shows functional improvements for incomplete cervical spinal cord injury. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 96(10 Suppl 1), 171-177. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000000815>
- Frullo JM, Elinger J, Pehlivan AU, Fitle K, Nedley K, Francisco GE, Sergi F, O'Malley MK. (2017). Effects of assist as needed upper extremity robotic therapy after incomplete spinal cord injury: a parallel-group controlled trial. *Frontiers in Neurobotics* 2017;11-26 <https://doi.org/10.3389/fnbot.2017.00026>.
- Hocoma. (2020). Clinical research. Heruntergeladen von <https://www.hocoma.com/de/service/clinical-research/>

- Janssen C. (2018). In: Scholz-Minkwitz E., Hess, A. (Hrsg.), *Betätigung und Funktion - eine starke Allianz für Teilhabe und Lebensqualität in der Neurologie?* Schulz-Kirchner-Verlag GmbH
- Joo Hwang Jung, Hye Jin Lee, Duk Youn Cho, Jung-Eun Lim, Bum Suk Lee, Seung Hyun Kwon, Hae Young Kim, Su Jeong Lee. (2019). Effects of Combined Upper Limb Robotic Therapy in Patients With Tetraplegic Spinal Cord Injury. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 43(4), 445-457. <https://doi.org/10.5535/arm.2019.43.4.445>
- Junsik Kim, Bum Suk Lee, Hye-Jin Lee, Hye-Ri Kim, Duk-Youn Cho, Jung-Eun Lim, Jin-Ju Kim, Ha Yeon Kim, Zee-A Han. (2018). Clinical efficacy of upper limb robotic therapy in people with tetraplegia: a pilot randomized controlled trial. *Spinal Cord*, 57(1), 49-57. <https://doi.org/10.1038/s41393-018-0190-z>
- Klamroth-Marganska V, Blanco J, Campen K, Curt A, Dietz V, Ettl T, Felder M, Fellinghauer B, Guidali M, Kollmar A, Luft A, Nef T, Schuster-Amft C, Stahel W, Riener R. (2014). Three-dimensional, task-specific robot therapy of the arm after stroke: a multicentre, parallel-group randomised trial. *Lancet Neurology*, 13(2), 159-166. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(13\)70305-3](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(13)70305-3)
- Sorensen Linda & Manum Grethe (2018). Robotic upper limb training in the subacute phase for four persons with cervical spinal cord injury. A single-subject study. *Spinal Cord Series and Cases*, 5(1), 29. <https://doi.org/10.1038/s41394-019-0170-3>
- WHO, World Health Organization. (2013). Spinal cord injury. Heruntergeladen von <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/spinal-cord-injury>
- Zariffa J, Kapadia N, Kramer JL, Taylor P, Alizadeh-Meghbrazi M, Zivanovic V, Willms R, Townson A, Curt A, Popovic MR, Steeves JD. (2012). Feasibility and efficacy of upper limb robotic rehabilitation in a subacute cervical spinal cord injury population. *Spinal Cord*, 50(3), 220-226
- Zariffa J, Kapadia N, Kramer JL, Taylor P, Alizadeh-Meghbrazi M, Zivanovic V, Willms R, Townson A, Curt A, Popovic MR, Steeves JD. (2011). Effect of a robotic rehabilitation device on upper limb function in a sub-acute cervical spinal cord injury population. *IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics, Zürich*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/ICORR.2011.5975400>



Wichtiger Hinweis:

Dieser CAT wurde im Rahmen eines Weiterbildungslehrganges des Instituts für Ergotherapie der ZHAW erstellt, wurde aber nicht korrigiert durch Lehrpersonal.

Referenzen:

Dieses Formular wurde durch Andrea Weise, MSc., Dozierende Weiterbildung Ergotherapie, entwickelt für alle Weiterbildungslehr- und studiengänge des Institutes Ergotherapie der ZHAW. Als Basis dienen das Formular „*CAT Template Revised v2*“ aus 2005 von www.otcats.com, die Formulare des „*Critical Appraisal Skills Programme (CASP)*“ aus 2010 von www.casp-uk.net und die Arbeitsblätter „*Appraisal Sheets*“ aus 2005 und 2010 des Centre for Evidence-Based Medicine der University of Oxford von www.cebm.net (last retrieved: September 2012).