

Gerätetauchen als rehabilitativer Ansatz bei Querschnittsläsionen

Helmut F. Novak, G. Ladurner

Neurologische Abteilung der Landesnervenklinik Salzburg

Zusammenfassung: Bei einer Gruppe von neun Patienten mit Querschnittsläsionen konnte nach einem zweiwöchigen Trainingsprogramm im Gerätetauchen eine signifikante Vergrößerung der Vitalkapazität gezeigt werden. Während der Tauchgänge und im Anschluß daran kam es zu einer subjektiv zufriedenstellend empfundenen und in klinischer Kontrolle nachvollziehbaren Reduktion vorbestehender schmerzhafter Muskelspastik. In einer Vergleichsgruppe von querschnittgelähmten Segelsportlern konnten innerhalb desselben Zeitraums solche Veränderungen nicht nachgewiesen werden. Aufgrund der strengen Eignungskriterien und des erheblichen Aufwandes an Betreuungspersonal, um die nötigen Sicherheitsauflagen abzudecken, wird dieses Rehabilitationspotential nur einer beschränkten Anzahl von Querschnittspatienten zur Verfügung stehen können.

Schlüsselwörter: Querschnittsläsion – Gerätetauchen – Spastizität – Lungenfunktion – Neurorehabilitation

Scuba Diving in Neurorehabilitation of Paraplegics: In a group of nine paraplegics a significant increase of pulmonary vital capacity could be shown after participating in a two weeks Scuba (self containing underwater breathing apparatus) diving training. During dives and for a certain time afterwards, a satisfyingly sensed reduction of painful muscle spasms occurred. A comparable group of sailing paraplegics did not show any significant changes within the same time. Because of strict ability criteria combined with an enormous effort of care to meet all security precautions this approach to neurorehabilitation can be offered to a limited number of patients only.

Keywords: Spinal cord injury – Scuba diving – Spasticity – Pulmonary function – Neurorehabilitation

Einleitung

Nach Beendigung und Abschluß aller konventionellen neurorehabilitativen Maßnahmen nach einem spinalen Trauma verbleiben dem Patienten mit einer Querschnittsläsion neben seiner Beeinträchtigung eine ganze Reihe von Folgeproblemen in direktem oder indirektem Zusammenhang mit der Läsionshöhe. Das gilt auch für Patienten mit Querschnittssyndromen

nichttraumatischer, z. B. demyelinisierender Ätiologie. Im Vordergrund stehen dabei der bis zu quälenden Spasmen schmerzhaft gesteigerte Muskeltonus, die Einschränkung der Atemfunktion und der Kontrollverlust über Stuhl- und Blasenentleerung mit konsekutiv erhöhter Infektanfälligkeit der betreffenden Organsysteme [11,12].

Sofern es unter ausreichenden inneren und äußeren Sicherheitsbedingungen möglich ist, das Defizit des Querschnittspatienten hinsichtlich seiner Mobilität zu kompensieren, stellt sich die Frage, inwieweit die professionell angeleitete Teilnahme an Individualsportarten wie Gerätetauchen einen positiven Effekt auf einen der Beeinträchtigungsfaktoren bewirken kann [5,9,14]. Die prinzipielle Therapiewirksamkeit des Gerätetauchens für durch Querschnittssyndrome Beeinträchtigte kann seit etwa zehn Jahren wohl zur Diskussion, nicht aber in Abrede gestellt werden [6,10,15].

Methodik

Unter der Voraussetzung eines erheblichen Aufwandes speziell geschulter Betreuer wurde in jeweils zweiwöchigen Zyklen insgesamt 21 Querschnittspatienten die Möglichkeit des Erlernens und Ausübens aktiver Wassersportarten mit den Schwerpunkten Gerätetauchen (T) und Segeln (S) geboten. Die Teilnehmer wurden einerseits nach ihrer Neigung, andererseits entsprechend ihren Eignungskriterien diesen zwei besonderen Gruppen zugeordnet und vor Beginn und nach Beendigung des Ausübungszeitraums untersucht.¹

¹ Erläuternd sei angefügt, daß unsere Daten an Versehrten Sportlern erhoben wurden, die am „Camp Help“ (einer Aktion des Malteser Hospitaldienstes) teilnahmen. Die Aufgabe der Autoren stellte neben der kontinuierlichen ärztlichen Begleitung vor allem die Durchführung der Tauglichkeits- und Abschlußuntersuchungen dar. Das Betreuungspersonal rekrutierte sich aus 30 freiwilligen Helfern und Helferinnen des Malteser Hospitaldienstes. Darunter befanden sich ständig zwei Physiotherapeuten und eine diplomierte Krankenschwester; pro Rollstuhlfahrer mußten permanent zwei Betreuer anwesend sein.

Die Tauchaktivitäten und die Tauchausbildung wurden von Harald Kurzeck, CMAS-, SSI- und PADI-Tauchlehrer, geleitet und hauptausgeführt. Ihm oblag auch die Instruktion der weiteren Tauchbegleiter. In Österreich gelten auf Verbandsebene derzeit keine offiziellen Ausbildungsrichtlinien für Versehrentauchlehrer und -taucher. Herr Kurzeck ist allerdings seit den frühen 80er Jahren mit der Materie des Behindertentauchens vertraut und seit Jahren in Österreich ein führender Spezialist auf diesem Gebiet. Ebenso existiert in Österreich keine gesetzliche Regelung der Sicherheitsauflagen. Von ärztlicher Seite wurde auf eine strikte Erfüllung aller Tauchtauglich-

Die Erstuntersuchung [3,17] verstand sich als Sporttauglichkeitskriterium – bei den Tauchern mußten zusätzlich die Grundsätze der Commission Médicale et de Prévention der Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques (CMAS) erfüllt werden – und umfaßte folgende Inhalte:

- anamnestisches Gespräch
- intern-somatischer Status
- neurologischer Status mit besonderem Augenmerk auf spastische Tonussteigerung
- Harnprofil
- EKG in Ruhe
- Flack-Test [8]
- Spirometrie (Vitalkapazität, forcierte expiratorische Kapazität pro Sekunde) [1]
- Atemanhaltetest

Als Ausschlußkriterien für das Gerätetauchen wurde insbesondere auf Zeichen für nitritpositiven (chronischen) Harnwegsinfekt, Hautläsionen, Vitalkapazität unter 2000 ml sowie eine blande Anamnese hinsichtlich Anfallsleiden geachtet. Ein Thoraxröntgen und eine HNO-Untersuchung ohne pathologischen Befund wurden für eine Teilnahme vorausgesetzt, wobei in der Gruppe der Segler die tauchspezifischen Untersuchungsparameter nicht zwingend erfüllt werden mußten. Die Abschlußuntersuchung konnte sich bei allen Teilnehmern auf Spirometrie, Spastizitätskontrolle und ein Gespräch über Befindlichkeitsveränderungen beschränken.

Dazwischen konnten bei einzelnen Tauchern Teiluntersuchungen und Beobachtungen unter Wasser durchgeführt werden. Die Spirometrien wurden mit einem Gerät der Fa. Jäger (Flowmate®) durchgeführt, für die EKG-Ableitungen (Ruhe-EKG und Flack-Test) wurde ein Gerät der Fa. Schiller verwendet. Die Harnbefunde wurden mittels Combur-9-Test von Boehringer-Mannheim ermittelt.

Darüber hinaus wurde an insgesamt 15 gesunden Probanden (G) aus den Reihen der Betreuer dieselbe Eignungsuntersuchung durchgeführt und deren Ergebnisse zum Vergleich herangezogen.

Alters- und Geschlechtsverteilung, Ätiologie und Zeitpunkt der Ereignisse sowie die Gruppenzuordnung sind in Tab. 1 zusammengefaßt.

keitskriterien, welche über den Umfang bestehender CMAS-Empfehlungen noch erweitert wurden, besonders geachtet. Eine Maximaltauchzeit von dreißig Minuten und eine Maximaltiefe von zwölf Metern wurde nie überschritten. Grundsätzlich wurde jeder Versehrtentaucher von mindestens einem Tauchlehrer und einem Tauchlehrer-Assistenten, d.h. zwei Personen begleitet. 10% der Tauchgänge erfolgten zusätzlich in ärztlicher Begleitung. Im Rahmen des gegenständlichen Projekts wurden die Gerätschaften, Preßluft und übrige Ausrüstung für das Gerätetauchen – sofern nicht bereits bei den Sportlern vorhanden – kostenlos zur Verfügung gestellt. Bei einem Gesamtaufkommen von ÖS 800 000 für die Teilnehmer aller Sportarten für vier Wochen konnten durch die freiwillige Leistung der Betreuer, der Physiotherapeuten, der Diplomschwester, der Tauchlehrer und der ärztlichen Betreuung die kalkulierten Kosten pro Rollstuhltaucher für 14 Tage auf ÖS 35 000 (Unterkunft, Verpflegung, Transport) begrenzt werden.

Die beiden genauer beobachteten Gruppen wiesen innerhalb des definierten Zeitraums folgendes Aktivitätsprofil auf:

- *Taucher*: Bis zu 8 Tauchgänge im Süßwasser mit einer größten erreichten Tauchtiefe von 12 Metern, Gesamtauchzeit durchschnittlich 20 Minuten, Oberflächentemperatur ca. 16–18 °C, Vorbereitung der Taucher durch ein „Landteam“, Tauchgangbegleitung durch zwei speziell geschulte Tauchlehrer, begleitende und vorbereitende Übungen und Physiotherapie [16].
- *Segler*: Bis zu 10 Ausfahrten, begleitende und vorbereitende Übungen und Physiotherapie. Einzelne Schnuppertauchgänge von Teilnehmern dieser Gruppe blieben unberücksichtigt.

Ergebnisse

Insgesamt standen Daten von 21 Querschnittspatienten und 15 Gesunden zur Verfügung. 3 Probanden wurden wegen Nichterfüllung der Tauglichkeitskriterien nicht für die Teilnahme an den Tauchaktivitäten geeignet befunden (Zustand nach operiertem Astrozytom und Cochleaimplantat; chronisch florider Harnwegsinfekt; offene Druckläsionen der Haut), einer davon konnte jedoch am Segeln teilnehmen. Ein Proband mußte seine Teilnahme trotz gegebener Tauglichkeit wegen Schwierigkeiten beim zweiten Tauchgang vorzeitig abbrechen. Die Daten der drei Drop-outs (N) sowie der Datensatz eines Seglers, der an einem akuten respiratorischen Infekt erkrankte, konnten für den Vergleich der Untersuchungsergebnisse nicht herangezogen werden.

Da eine klinische Veränderung seitens der Querschnittssymptomatik nicht zu erwarten war – lediglich bei einem Patienten mit inkompletter Querschnittsläsion L 3/4 kam es zu einer deutlichen Besserung hinsichtlich Kraft und Selbständigkeit in der Mobilität – konzentrierten sich die Untersuchungen auf die Lungenfunktion [4,7,13] und die Spastizität als die bei Ausübung der Aktivität – mehr noch als im Alltagsleben – am meisten limitierenden Faktoren.

Die Untersuchung der Vitalkapazität (VC) bei den *Tauchern* ergab eine signifikante Verbesserung nach Aktivität gegenüber vor Aktivität, während der Tiffenau-Test (FEV 1) keine signifikanten Veränderungen zeigte. Gegenüber den *Seglern* ergab sich vor Aktivität kein signifikanter Unterschied bezüglich Vitalkapazität und 1-Sekunden-Kapazität, nach Aktivität in beiden Parametern signifikante Verbesserung. Die Untersuchungen im Kollektiv der *Gesunden* ergaben bei Fehlen eines adäquaten Trainingsreizes jeweils Normalwerte aller Parameter.

Tab. 2–4 zeigen die Daten zur Vitalkapazität vor und nach Aktivität für die drei Gruppen, in Tab. 5 und 6 sind die Werte zu Vitalkapazität und 1-Sekunden-Kapazität Gesunder und Querschnittgelähmter gegenübergestellt.

Diskussion

Die signifikante Vergrößerung der Vitalkapazität der Taucher nach zweiwöchigem Training läßt sich mit einer gezielten Kräftigung der Atem(hilfs)muskulatur erklären. Einerseits werden unter Wasser der Inspiration hinderliche Einflüsse der Schwerkraft durch den Auftrieb egalisiert, andererseits

Proto- kollnr.	weibl./ männl.	Geburts- jahr	Alter	T/S/G	Läsionshöhe; sonstige Diagnose	seit	Jahren
95/01	m	1968	27	T	inkompl. Q. L 3/4	1987	8
95/02	w	1968	27	S	inkompl. Q. Th3, kompl. Th7	1973	22
95/03	w	1957	38	S	kompl. Q. Th5/6		
95/04	m	1963	32	T	kompl. Q. C 4/5	1982	13
95/05	w	1959	36	G			
95/06	m	1954	41	T	kompl. Q. Th6	1980	15
95/07	w	1967	28	n. tgl.*	op. KH-Tu, op. Astro, Cochlea- implantat, *Anfallsanamnese	1978	17
95/08	m	1961	34	S	inkompl. Q. Th5/6	1984	11
95/09	m	1978	17	S	op. Spina bifida occ. Th12-L 2		
95/10	m	1960	35	S	spinale progressive Muskel- dystrophie		
95/11	w	1976	19	S	kompl. Q. Th3 li., Th6 re.	1979	16
95/12	m	1974	21	T	inkompl. Q. C 3/4, kompl. C 5	1992	3
95/13	m	1966	29	G			
95/14	m	1967	28	G			
95/15	m	1954	41	S	kompl. Q. Th12		
95/16	w	1972	23	G			
95/17	m	1969	26	G			
95/18	w	1971	24	G			
95/19	w	1970	25	G			
95/20	m	1971	24	G			
95/21	w	1972	23	G			
95/22	m	1969	26	G			
95/23	w	1963	32	T	MS, inkompl. Q. ca. L 2/3	1985	10
95/24	m	1961	34	n. tgl.**	subtot. Q. C 6, **chron. Harnwegsinfekt	1978	17
95/25	m	1969	26	T	kompl. Q. C 5/6	1990	5
95/26	m	1964	31	T	kompl. Q. Th5/6	1982	13
95/27	m	1969	26	T	kompl. Q. Th10/11	1989	6
95/28	m	1959	36	T	kompl. Q. Th4	1977	18
95/29	m	1969	26	G			
95/30	m	1975	20	G			
95/31	w	1973	22	G			
95/32	m	1974	21	S	kompl. Q. Th6, Geburtstrauma	1974	21
95/33	m	1969	26	S	kompl. Q. C 7	1988	7
95/34	m	1964	31	T	kompl. Q. Th6/7	1984	11
95/35	m	1974	21	G			
95/36	m	1971	24	G			
gesamt 36	25 männl./ 11 weibl.	Durch- schnitt	28	15 G/ 9 T/ 9 S/1 T/2 N		Durch- schnitt	13

Tab. 1 Gruppen-
zuordnung
(G: gesunde
Probanden,
T: Taucher,
S: Segler).

T: vorzeitiger Abbruch der Teilnahme; n.tgl.: nicht tauchtauglich

Tab. 2 Taucher mit Querschnittlähmung: Vitalkapazität vor und nach Aktivität.

Taucher	n	Vitalkapazität (in Liter)	SD
vor Aktivität	9	4,2	1,3
nach Aktivität	9	4,5	1,1
p = 0,029			

Tab. 3 Segler mit Querschnittlähmung: Vitalkapazität vor und nach Aktivität.

Segler	n	Vitalkapazität (in Liter)	SD
vor Aktivität	8	3,2	1,2
nach Aktivität	8	3,2	1,0
p = 0,984			

Tab. 4 Gesunde: Vitalkapazität vor und nach Aktivität.

Gesunde	n	Vitalkapazität (in Liter)	SD
vor Aktivität	15	4,9	0,9
nach Aktivität	15	4,9	0,9
p = 0,334			

Tab. 5 Vitalkapazität vor und nach Aktivität bei Gesunden und Querschnittgelähmten.

Vitalkapazität	Gesunde	Segler	Taucher
n	15	8	9
vor Aktivität	4,9 (± 0,9)	3,2 (± 1,2)	4,2 (± 1,3)
nach Aktivität	4,9 (± 0,9)	3,2 (± 1,0)	4,5 (± 1,1)
p	0,33	0,98	0,03

Tab. 6 1-Sekunden-Kapazität vor und nach Aktivität bei Gesunden und Querschnittgelähmten

Tiffenau	Gesunde	Segler	Taucher
n	15	8	9
vor Aktivität	4,3 (\pm 0,9)	2,9 (\pm 0,9)	3,8 (\pm 1,2)
nach Aktivität	4,2 (\pm 0,9)	2,7 (\pm 0,9)	4,0 (\pm 1,2)
p	0,33	0,28	0,2

entsteht bei entsprechender Einstellung des Lungenautomaten der Sonderfall einer bedarfsweise druckunterstützten Atemhilfe mit positivem Atemwegsdruck, was zu verbesserter Ventilation und Ausdehnung von bei initial verminderter Vitalkapazität minderbelüfteten Lungenanteilen führt. Über eine größere Vorspannung, welche dadurch wiederum in der Atemmuskulatur aufgebaut wird, kann bei letzterer eine erhöhte Kontraktibilität angenommen werden, was zu einer Zunahme der Kraft bei vergrößertem Wirkungsgrad führt. Darüber hinaus wird von einer Verbesserung der Oxygenierung durch einen entsprechend der Tauchtiefe erhöhten inspiratorischen Sauerstoffpartialdruck ausgegangen.

Bei der Multiple-Sklerose-Patientin konnte ab einer Tauchtiefe von ca. sechs Metern eine geringgradige Steigerung der Grobkraft beobachtet werden, was mit einer tiefenabhängigen Abnahme der Wassertemperatur erklärbar wäre [2, 18].

Alle Taucher berichteten im Abschlußgespräch abgesehen von einer erheblichen Steigerung des körperlichen und psychischen Allgemeinbefindens eine subjektiv deutlich spürbare Erleichterung seitens der spastischen Tonussteigerung. Die sonst oft schmerzhaften Muskelverkrampfungen wären unter Wasser praktisch nicht aufgetreten und in der Folge wohl in gewohnter Stärke, aber erst nach einigen Stunden Latenz wieder zu spüren gewesen.

Während eines Tauchgangs konnte in klinischer Kontrolle an einem Teilnehmer eine auffällige Herabsetzung des Muskeltonus an den spastischen Extremitäten gegenüber einer Untersuchung unmittelbar vor dem Tauchgang gefunden werden. Diese Beobachtung deckt sich mit Berichten aus der Praxis von Versehrtauchlehrern. Auch hierfür bietet sich der weitgehende Wegfall der Gravitation als eine mögliche Erklärung an, elektrophysiologische Untersuchungen liegen dazu nicht vor, sollten aber Gegenstand weiterer Arbeiten darstellen.

Stellt man den erheblichen Aufwand an Betreuungspersonal, Zeit und Mitteln in eine Relation zu den gefundenen Ergebnissen, so wird klar, daß dieses Rehabilitationspotential nur einer begrenzten Anzahl von Querschnittspatienten zu Verfügung gestellt werden kann. Es ist jedoch zu hoffen, daß dieses Beispiel weiteren Aktivitäten und Initiativen Vorbild wird.

Dank

Für die statistische Auswertung des Materials (Tab. 2–6) sei Margarita Kirschner unser Dank ausgesprochen.

Literatur

- Ashba J, Garshick E, Tun CG, Lieberman SL, Polakoff DF, Blanchard JD, Brown R. Spirometry – acceptability and reproducibility in spinal cord injured subjects. *J Am Paraplegia Soc* 1993; 16(4, Oct): 197–203
- Brenneis M, Harrer G, Selzer H. Zur Temperaturempfindlichkeit von Multiple-Sklerose-Kranken. *Fortschr Neurol Psychiatr Grenzgeb* 1979; 47(6, Jun): 320–325
- Davis GM. Exercise capacity of individuals with paraplegia. *Med Sci Sports Exerc* 1993; 25(4, Apr): 423–432
- Davis GM, Kofsky PR, Kelsey JC, Shephard RJ. Cardiorespiratory fitness and muscular strength of wheelchair users. *Can Med Assoc J* 1981; 125(12, Dec 15): 1317–1323
- Denison DM. Lung function testing of divers. In: Elliott DE (ed.): *Medical assessment of fitness to dive*. Biomedical Seminars 1995; 123–124
- Gerstenbrand F, Berger KH, Berger M, Pallua AK. Flaschentauchen als eine neue Methode in der Rehabilitation von Wirbelsäulenerkrankungen. In: Gerstenbrand F, Lorenzoni E, Seemann K (eds.): *Tauchmedizin 4*. Hannover: Schlütersche; 1987: 263–268
- Hoffman MD. Cardiorespiratory fitness and training in quadriplegics and paraplegics. *Sports Med* 1986; 3(5, Sep-Oct): 312–330
- Holzappel RB. *Praxis der Tauchmedizin*. 1982: 116
- Koch I, Schlegel M, Pirrwitz A, Jaschke B, Schlegel K. Beitrag zur Objektivierung des Trainingseffektes der Sporttherapie bei Rollstuhlfahrern. *Int J Rehabil Res* 1983; 6(4): 439–448
- Madorsky JG, Madorsky AG. Scuba diving: taking the wheelchair out of wheelchair sports. *Arch Phys Med Rehabil* 1988; 69(3 Pt 1): 215–218
- Maynard FM, Karunas RS, Waring WP. Epidemiology of spasticity following traumatic spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 1990; 71(8): 566–569
- McMichan JC, Michel L, Westbrook PR. Pulmonary dysfunction following traumatic quadriplegia. Recognition, prevention, and treatment. *JAMA* 1980; 243(6, Feb 8): 528–531
- Reed JW. Lung function changes associated with diving. In: Elliott DE (ed.): *Medical assessment of fitness to dive*. Biomedical Seminars 1995; 134–138
- Seidler GH. Beobachtungen zur psychosozialen Verarbeitung einer Querschnittslähmung. *Z Psychosom Med Psychoanal* 1986; 32(4): 337–348
- Stanghelle JK, Berstad J. Diving of patients with spinal cord injuries. *Tidsskr Nor Laegeforen* 1991; 111(17, Jun 30): 2095–2097
- Stegemann: *Leistungsphysiologie*. 1977: 238–257
- Williamson JA, McDonald FW, Galligan EA, Baker PG, Hammond CT. Selection and training of disabled persons for scuba-diving. Medical and psychological aspects. *Med J Aust* 1984; 141(7, Sep 29): 414–418
- Zavalishin IA, Nevskaja OM. Effect of exposure to different temperatures on the clinical manifestations of multiple sclerosis. *Zh Nevropatol Psikhiatr* 1983; 83(2): 170–173

Korrespondenzanschrift:

Dr. med. Helmut F. Novak

Neurologische Abteilung
Christian Doppler Klinik
Ignaz-Harrer-Straße 79
A-5020 Salzburg