

Persönliche PDF-Datei für R. Burger, M. Jung, J. Becker, J. Krominus, M. Lampe, J. Kleinschmidt, B. Kleinschmidt

Mit den besten Grüßen vom Georg Thieme Verlag

www.thieme.de

Wirkung von Aqua-Cycling als Bewegungstherapie bei der Diagnose Lipödem

DOI 10.1055/a-0839-6346
Phlebologie 2019; 48: 182–186

Dieser elektronische Sonderdruck ist nur für die Nutzung zu nicht-kommerziellen, persönlichen Zwecken bestimmt (z. B. im Rahmen des fachlichen Austauschs mit einzelnen Kollegen und zur Verwendung auf der privaten Homepage des Autors). Diese PDF-Datei ist nicht für die Einstellung in Repositorien vorgesehen, dies gilt auch für soziale und wissenschaftliche Netzwerke und Plattformen.

Verlag und Copyright:

© 2019 by
Georg Thieme Verlag KG
Rüdigerstraße 14
70469 Stuttgart
ISSN 0939-978X

Nachdruck nur
mit Genehmigung
des Verlags



Wirkung von Aqua-Cycling als Bewegungstherapie bei der Diagnose Lipödem

Effect of aqua-cycling as exercise therapy in the diagnosis of lipedema

Autoren

R. Burger¹, M. Jung², J. Becker², J. Krominus², M. Lampe², J. Kleinschmidt³, B. Kleinschmidt³

Institute

- 1 Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, University of Applied Science
- 2 Hochschule Fresenius, University of Applied Science
- 3 AquaFitnessClub, Hanau

Schlüsselwörter

Lipödem, Therapie, Bewegung, Aqua-Cycling, Aqua-Fitness, Aqua-Jogging, Faszien

Key words

Lipoedema, Therapy, Exercise, Aqua-Cycling, Aqua-Fitness, Aqua-Jogging, Fascia

eingereicht 26.04.2018

akzeptiert 22.01.2019

Bibliografie

DOI <https://doi.org/10.1055/a-0839-6346>

Online Publikation: 11.04.2019

Phlebologie 2019; 3: 182–186

© Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York

ISSN 0939-978X

Korrespondenzadresse

Jörg Kleinschmidt
AquaFitnessClub Akademie
Langgasse 29
63450 Hanau
Tel. 06181/9065703



Englische Version unter:

<https://doi.org/10.1055/a-0839-6346>

ZUSAMMENFASSUNG

In der folgenden Übersicht werden die allgemeinen Vorteile von Bewegungsinterventionen im Wasser innerhalb der physikalischen Therapiemöglichkeiten sowie bei den Diagnosen Lip- und Lymphödem angesprochen. Aufgrund von positiven Erfahrungen bei Lymphödempatientinnen werden hier Einzelfallkasuistiken bzgl. des Einsatzes von Aqua-Cycling bei Lipödem vorgestellt, die weitere Untersuchungen anstoßen sollten.

ABSTRACT

In the following overview, the general advantages of movement interventions in water, within the physical therapy options, in the diagnosis of lip- and lymphoedema are addressed. Due to positive experiences in patients with lymphoedema, case reports concerning the use of aqua cycling in lipoedema are presented, which should trigger further investigations.

Bekannte physikalische Methoden zur Ödembehandlung

Ödeme entstehen, wenn es zu einer Wasseransammlung im Interstitium aufgrund einer Überlastung der Transportkapazität des Lymphsystems kommt. Konservativ gibt es bei allen Überlastungen des Lymphsystems nur den Ansatz, das Ödem und/oder die begleitende Adipositas über die komplexe physikalische Entstauungstherapie (KPE) [1–3] inklusive einer Ernährungsstrategie zu reduzieren.

Innerhalb der KPE findet die manuelle Lymphdrainage (MLD) und Kompression, Bewegung in der Kompression, Ernährung und die Hautpflege Anwendung. Nach derzeitigem Stand bringt vielen Patientinnen¹ die Anwendung der Kombinationstherapie nur kurzzeitig eine Erleichterung. Mit der KPE wurden an den Beinvolumina Reduktionen von 12 % erreicht [4].

1 Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Alle Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für beiderlei Geschlecht.

Die manuelle Lymphdrainage wirkt dabei insbesondere auf die Transporteigenschaften der Kollektoren [5]. Somit wird bspw. bei Lipödem durch die KPE lediglich die Flüssigkeit und nicht die Zellanzahl reduziert [1].

Zur dauerhaften Entfernung des Fettgewebes bei Lipödem gibt es zur Liposuktion keine Alternative. Klinische Studien zeigen, dass sowohl in der Körperform als auch bei den begleitenden Beschwerden Verbesserungen erreicht werden [1, 6]. Die größten Veränderungen zeigen sich aber in der Lebensqualität. Durch die Liposuktion konnte innerhalb von sechs Monaten in den begleitenden Beschwerden (Hämatombildung, Spannungsgefühl, schwere und müde Beine) signifikante Veränderungen nachgewiesen werden. Im Anschluss an die Liposuktion wurde manuelle Lymphdrainage angeordnet. Nach Angaben von Rapprich et al. [1] zeigten ein Viertel aller zur Liposuktion vorstelligen Frauen, dass durch die Lymphdrainage zufriedenstellende Effekte erreicht wurden. Jedoch gab fast die Hälfte aller Patientinnen an, keine Effekte durch die Lymphdrainage zu haben.

Von einer Liposuktion wird abgeraten, solange sich die Patientinnen bei einem Körpergewicht von mehr als 120 Kilogramm befinden oder einen BMI $> 32 \text{ kg/m}^2$ (Quetelet-Index) aufweisen. Daher sollten die Patientinnen schon vor der Operation an empfohlenen Sport- und Bewegungsprogrammen teilnehmen [7], die den BMI senken und die Adipositas reduzieren.

Deshalb wird sowohl vor, als auch nach der Liposuktion zu Bewegung geraten. Wobei viele Bewegungsformen und Sportarten ungeeignet sind, da die Wulstbildung an den Oberschenkeln zu Veränderungen des Gangbildes führen, die auch orthopädische Folgen haben können. Darüber hinaus führen die meisten Bewegungen zu Scheuereffekten, die in der Folge zu Gewebetraumatisierungen [4] führen. Daher sollte die sportliche Betätigung im Stehen, Sitzen, kontrolliert in einer zyklischen Geh- oder Laufbewegung oder im Wasser stattfinden [1]. Dabei ist der Zugriff des Therapeuten oder Trainers auf Belastungs- und damit auch Steuergrößen wie Herzfrequenz, Laktatbildung und muskelphysiologischer Anstrengungsgrad während der Übungseinheit nicht oder lediglich subjektiv über die Borg-Skala² möglich.

Da bei sportlicher Betätigung in Abhängigkeit von der Leistungsfähigkeit Laktat produziert wird und dieses zu den lymphpflichtigen Lasten gehört, sollten Bewegungsformen oder Belastungen favorisiert werden, die nur wenig Laktat produzieren. Durch die spezifischen Effekte beim Eintauchen des menschlichen Körpers in Wasser (Immersion), stehen diese Bewegungsformen hier im Vordergrund.

Physikalische Effekte bei Bewegung im Wasser

Physikalische Effekte beim Eintauchen des Körpers in Wasser werden auch als Immersionseffekte beschrieben. Diese sind abhängig von der Eintauchtiefe. Somit ist ableitbar, dass die Effekte zunehmen, je tiefer ein Körper im Wasser eingetaucht ist. Die Immersi-

► **Tab. 1** Zusammenhang von Eintauchtiefe Druck in bar und Druck in Millimeter Quecksilbersäule um die Belastung des Vorhofs zu erläutern.

Eintauchtiefe (m)	Druck (bar)	Druck (mmHg)
0,1	0,1	75
0,2	0,2	150
0,3	0,3	225
0,4	0,4	300
0,5	0,5	375
0,6	0,6	450
0,7	0,7	525
0,8	0,8	600
0,9	0,9	675
1,0	1,0	750
1,1	1,1	825
1,2	1,2	900
1,3	1,4	975

onseffekte verändern sich aufgrund folgender fluidmechanischer Eigenschaften: Dichte, Auftrieb, hydrostatischer Druck, Viskosität/Widerstand und Thermodynamik.

Der hydrostatische Druck ist von der Dichte des Wassers und der Eintauchtiefe des zylinderförmigen Körpers abhängig. In der ► **Tab. 1** wird das dargestellt. So ist der hydrostatische Druck an den unteren Extremitäten hoch und nimmt zunehmend zum Wasserspiegel ab.

Der Druck wirkt komprimierend auf Gewebsstrukturen. Dadurch kommt es zu einer Blutumverteilung und -verlagerung von peripher nach zentral (500–700 ml) [9, 10], was mit einer Erhöhung des Schlagvolumens und des Herzzeitvolumens bei gleichzeitiger Senkung der Herzfrequenz einhergeht [11].

Innerhalb der Erklärung über den Frank-Starling-Mechanismus kommt es hier zu einer Vorlasterhöhung wie beim orthostatischen Reflex. Es findet eine zentralnervös gesteuerte Ökonomisierung der Herzaktion statt. Gleichzeitig kommt es durch das vermehrte zentrale Volumen durch hormonelle Gegenregulationsmechanismen (Renin-Angiotensin-Aldosteron-System) zu einer verstärkten Diurese [11]. Bedingt wird dies über die volumenbedingte Vorhofkammerdehnung, bei der es zu einer reflektorischen Mehrbildung des atrial natriuretischen Peptids (ANP) [10, 12, 13] kommt. Dieses Hormon spielt eine entscheidende Rolle im Renin-Angiotensin-Aldosteron-System (RAAS) zur Steuerung der Wasserregulation im Körper. Dies zieht eine Blutdrucksenkung nach sich und stimuliert renal die Salz- und Wasserausscheidung, was bedeutet, dass weniger Flüssigkeit im Interstitium zurückgehalten wird [12]. Auch die Niere hält weniger Wasser zurück, da es zu einer Hemmung der Ausschüttung des antidiuretischen Hormons (ADH) kommt. Dies führt ebenfalls zu einer zusätzlich verstärkten Diurese [10, 13], welche auch als Taucherdiurese bekannt ist.

Eine hohe ANP Konzentration zieht auch eine erhöhte Ketonbildung nach sich [14, 15]. Dies hat laut Birkenfeld et al. [15] einen

2 Die Borg-Skala dient der Erfassung des subjektiven Belastungsempfindens. Borg [8] zeigte auf, dass der von ihm entwickelte Recieved Perception of Exertion-Wert einen Zusammenhang zur Herzfrequenz aufweist.

lipolytischen Effekt, der die Verstoffwechselung der Fettsäuren in den Muskeln steigert und vermehrt freie Fettsäuren aus dem Fettgewebe abtransportiert. Folglich findet durch Aqua-Cycling eine stärkere Mobilisation und Oxidation von Fetten statt [16].

Der hydrostatische Druck hat darüber hinaus eine resorptionsfördernde Wirkung [17]. Bei Schwangerschafts- und renalen Ödemen konnte gezeigt werden, dass die Flüssigkeitsströmungen aus dem Interstitium in Kapillaren und Lymphgefäßen erhöht werden und somit gewebsentwässernd und ödemreduzierend [9] wirken.

Wasser hat darüber hinaus eine höhere Wärmeleitfähigkeit (25-mal größer) als die Luft. Dadurch ist davon auszugehen, dass der Körper vermehrt Energie benötigt, um die Körperkerntemperatur zu halten und somit ein erhöhter Energiebedarf wirkt.

Die Auftriebskraft ist eine der Schwerkraft entgegen gerichtete Kraft und entspricht dem Volumen des vom Körper verdrängten Wassers. Der Auftrieb bewirkt eine spürbare Gewichtsentlastung, die sich mit zunehmender Immersion erhöht und mit einer Entlastung des Stütz- und Bewegungsapparates einhergeht.

Die Viskosität des Wassers ist 800 bis 1000-mal größer als die der Luft [18]. Sie bedingt den Widerstand, welcher der Bewegung entgegenwirkt. Mit zunehmender Geschwindigkeit treten aufgrund der Viskosität (Bindung zwischen den Wassermolekülen) an der Rückseite der bewegten Körpersegmente Turbulenzen auf. Diese sind chaotisch und entwickeln einen Sog, welcher der Bewegungsrichtung entgegenwirkt. Somit wirken sie zweifach: Der Widerstand und damit die Trainingswirkungen werden erhöht und die Verwirbelung bewirkt eine pulsierende mechanische Einwirkung auf das Lymphgewebe.

Wirkung von Bewegung im Wasser auf Ödeme

Den Nutzen einer Bewegungstherapie im Wasser konnten Giancesini et al. [19] mit einem Übungsprotokoll aufzeigen. Es sollte gezeigt werden, dass eine Muskelpumpaktivität das chronische Ödem der unteren Extremitäten positiv beeinflusst. An $n = 16$ Patientinnen (12 ♀, 4 ♂) konnte eine Woche nach dem Ende der Intervention eine durchschnittliche Verringerung des Volumens der unteren Extremitäten von $303,13 \pm 69,72$ ml ($p = 0,00002$) bzw. $334,38 \pm 62,50$ ml ($p = 0,000003$) im rechten und linken Bein nachgewiesen werden. Die Sprunggelenkbeweglichkeit und das Schweregefühl verbesserten sich signifikant. Damit zeigt die Untersuchung, dass Bewegungen, die an Land schmerzhaft sind und auch zu Hautverletzungen führen können, im Wasser durchführbar sind und einen Nutzen haben.

In einer systematischen Übersichtsarbeit in der 11 randomisiert kontrollierte Studien zusammengefasst wurden [20], sollten die Auswirkung verschiedener Arten von Übungen auf das Brustkrebs-assoziierte Lymphödem (BCRL) untersucht werden, um die Rolle des Trainings in dieser Patientengruppe aufzuklären.

Die 458 Probandinnen führten unterschiedliche Arten von Übungen aus. Die Übungsprogramme konnten unterteilt werden in Aqua-Lymphtraining, Schwimmen, Widerstandstraining, Yoga, Aerobic und Schwerkraftübungen. In vier dieser Studien wurde eine signifikante Reduktion des BCRL-Status auf der Basis des Armvolumens gemessen, und in sieben Studien wurde von signifikanten



► Abb. 1 Aquarider AP500

subjektiven Verbesserungen berichtet. Keine Studie zeigte negative Auswirkungen des Trainings auf BCRL.

Besonderheiten beim Aqua-Cycling

Aqua-Cycling (AC) ist die Ausübung des Radfahrens im Wasser, vergleichbar mit dem Fahren auf einem Ergometer im Trockenen. Ein Ergometer im Wasser kann auf unterschiedliche Wassertiefen und Körperproportionen individuell eingestellt werden. Der Sattel hat eine schmale, sportliche Form. Der Lenker erinnert an die verschiedenen Griffmöglichkeiten von Spinning-Rädern. Man fährt mit Schuhen in den Pedalkäfigen, in welchen man die Füße leicht fixieren kann. Der Widerstand wird über die Größe und den Abstand von sog. Widerstandsplatten vom Drehzentrum eingestellt (► Abb. 1).

Die Sitzwassertiefe beim Aqua-Cycling sollte zwischen Bauchnabel- und Brustbeinhöhe liegen. Frauen mit dem Beschwerdebild Lipödem haben aufgrund der Zunahme körperlicher Beschwerden oftmals weniger Sport- und Bewegungserfahrung. Durch die Sitzhöhe im Wasser wird gewährleistet, dass sich noch genügend Körpermasse oberhalb des Wasserspiegels befindet und sich dadurch die Koordination des Körpers in der Autonomie des Trainierenden befindet.

Radfahren beinhaltet den Vorteil, dass es keine ruckartigen Bewegungen gibt und ein Teil der Körpermasse durch das Sitzen auf dem Sattel nicht die unteren Extremitäten belastet. Aqua-Cycling erweitert die Vorteile dadurch, dass sich der größte Teil des Körpers, vor allem die vom Lipödem betroffenen Segmente, unterhalb des Wasserspiegels befindet. Dadurch können die Immersionseffekte in ihrer physiologischen Auswirkung ausgenutzt werden. Der wesentliche Vorteil von Aqua-Cycling gegenüber anderen Bewegungsformen im Wasser besteht darin, dass mit einer wesentlich höheren Frequenz ohne Umkehrpunkt gearbeitet werden kann.



► **Abb. 2** Beispielbild für eine Aqua-Cycling Übungseinheit

Wirkungen von Aqua-Cycling

In einer Metaanalyse untersuchten Rewald et al. [21] den Nutzen von Aqua-Cycling (► **Abb. 2**). Insgesamt wurden 63 Publikationen in die Studie eingeschlossen. 31 Studien verglichen das Aqua-Cycling mit dem Fahren auf einem Radergometer. Lediglich in sechs Studien wurden Interventionen überprüft. In den meisten Studien wurden metabolische Unterschiede zwischen Land- und Wasserradfahren untersucht. Bei den Interventionen wurden unterschiedliche Protokolle hinsichtlich ihrer physiologischen Auswirkung (Belastungsparameter, Abnehmen, Kraft) getestet. Vier Studien berichteten über eine signifikante Verbesserung der kardiorespiratorischen Parameter im Vergleich zum Ausgangswert bei gesunden adipösen Personen und Patientinnen mit Multipler Sklerose [22–25]. Wasser- und Landradfahren führten zu ähnlichen Verbesserungen der kardiorespiratorischen Parameter. Darüber hinaus erzielten moderate Land- und Wasserradeinheiten bei Patientinnen mit Multipler Sklerose eine ähnliche Verbesserung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität und der selbstberichteten körperlichen Erschöpfung.

Keine der Studien beinhaltete physiologische Aspekte bei Ödemerkrankungen.

Einzelfallbeobachtungen zu Aqua-Cycling bei Lipödemen

Becker [26] untersuchte im Rahmen einer Bachelorarbeit, ob Aqua-Cycling on top zur herkömmlichen physiotherapeutischen Maßnahme die Ödemreduktion verbessert. Zehn Patientinnen mit Lip-/Lipolymphödem wurden für 10 Wochen in zwei Gruppen (Intervention n = 5, Kontrolle n = 5) eingeteilt. Beide Gruppen wurden 1–2 ×/Woche mit Manueller Lymphdrainage (MLD) behandelt. Die Interventionsgruppe bekam zusätzlich 1 ×/Woche Aqua-Cycling. Evaluiert wurde der Therapieeffekt mittels Umfangmessungen nach Kuhnke [27] zur Bestimmung des Volumens im Prä/Post-Vergleich.

Im direkten Vergleich der Mittelwerte jedes Beines konnte die Interventionsgruppe deutliche volumenreduzierende Effekte von 266,37 ccm (SD 435,60) erreichen, während es bei der Kontrollgruppe (nur MLD) zur Volumenzunahme um 439,95 ccm (SD 1246,90) kam. Mitverantwortlich für die durchschnittliche Volumenzunahme bei der Kontrollgruppe ist eine Probandin, die eine

Zunahme um 2060 ccm (linkes Bein) bzw. 3105 ccm (rechtes Bein) aufweist. Becker äußert die Vermutung, dass die Probandin den Kompressionsstrumpf nicht regelmäßig getragen hat.

Kronimus & Lampe [28] untersuchten im Rahmen ihrer Bachelorarbeit drei Einzelpersonen während eines Interventionszeitraumes von ebenfalls 10 Wochen. Es wurde überprüft, ob Aqua-Cycling eine volumenreduzierende Wirkung auf das Lipödem hat. Vor und nach einem standardisiert aufgebauten Kurs erfolgte die Datenerhebung mit dem Bodytronic® 600, einer klinischen Untersuchung einschließlich eines speziell angefertigten Beschwerdefragebogens und dem SF-36.

Zwei der drei Patientinnen zeigten eine Verringerung des Gesamt-Beinumfanges (VP1 = –58,9 cm, VP2 = 4,2 cm, VP3 = –19,8 cm), eine Gewichtsreduktion (VP1 = –5 kg, VP2 = 1,1 kg, VP3 = –5,1 kg) sowie eine Minimierung des Schmerzempfindens (VP1 = –7, VP2 = –2, VP3 = 1), im ödematösen Gebiet. Im SF-36 gaben zwei Patientinnen eine gesteigerte gesundheitsbezogene Lebensqualität an (VP1 = 6 %_{körper}/10 %_{psyche}, VP2 = 2 %_{körper}/20 %_{psyche}, VP3 = 6 %_{körper}/–5 %_{psyche}).

Diese beiden Betrachtungen im Rahmen von Qualifikationsarbeiten zeigen positive Effekte des Aqua-Cycling, sodass an größeren Studienpopulationen weitere Studien folgen sollten.

FOLGERUNG

Die physiologischen Besonderheiten, die durch den Immersionsvorgang im Körper entstehen, lassen auf durchweg positive Aspekte durch Bewegung im Wasser für alle Krankheitsbilder mit Ödembildung schließen. Eine Berücksichtigung möglicher krankheitsbedingter Einschränkungen wie der reduzierten Bewegungsfähigkeit führt dazu, dass man Sport auf einem Wasserfahrrad (Aqua-Cycling) favorisieren sollte. Durch die kreisförmige Tretbewegung wird die Möglichkeit ausgenutzt, die Viskosität neben der Wassersäule als dynamische Kompressionsmöglichkeit einzusetzen. Mit geeigneten didaktisch-methodischen Konzepten in einem speziellen methodischen Ansatz für Lymphpatientinnen, besteht die Möglichkeit, den Betroffenen eine Unterstützung im Selbstmanagement zu geben.

Durch einen gezielten Aufbau der Stunden, beginnend über eine Erarbeitung einer aufrechten Haltung, begleitet von einer unterstützenden Atmung, ist es auch möglich, bei Kunden mit Adipositas Belastungsparameter individuell einzusetzen.

Ein weiterer Aspekt des Immersionsvorgangs bei gleichzeitiger Belastung ist, dass die Laktatkonzentration eine andere Dynamik aufweist als an Land [16]. Der Entwicklungsverlauf ist flacher. Die Werte sind im Wasser signifikant geringer als beim Training an Land. Da eine Anreicherung von Laktat die Ketose und damit den Fettstoffwechsel hemmt, kann mit diesem Wissen ein effektives Training hinsichtlich einer Reduktion der Adipositas sichergestellt werden [29]. Die nachgewiesene ANP-Erhöhung [16] lässt die Vermutung zu, dass es zu einer erhöhten Diurese kommt.

Daraus leiten wir folgende Untersuchungsziele für die Zukunft ab:

- Wenn der Entwicklungsverlauf des Laktats bei stufenförmigen Tests im Wasser unterschiedlich zu den Tests außerhalb des Wassers ist, folgt dann die Dynamik anderen Modellzusammenhängen?
- Sind die bisher vermuteten Effekte, sowohl in psychischer als auch physischer Form, die sich aus dem didaktisch-methodischen Konzept des AquaFitnessClubs ergeben, auch empirisch belegbar?
- Können daraus allgemeingültige Ziele für ein geeignetes Selbstmanagement bei Ödem-Patientinnen formuliert werden?

Hierfür ist im Sinne der Systematisierung des Faches wichtig, dass eine fundierte Trainer-Ausbildung an der Schnittstelle von Sportwissenschaft und Lymphologie für Physiotherapeuten und Sportwissenschaftlern angeboten wird.

Interessenkonflikt

Die Autoren bestätigen, dass keine Interessenkonflikte vorliegen.

Literatur

- [1] Rapprich S, Baum S, Kaak I et al. Treatment of lipoedema using liposuction, Therapie des Lipödems mittels Liposuktion im Rahmen eines umfassenden Behandlungskonzeptes. *Phlebologie* 2015; 44: 121–132
- [2] Reich-Schupke S, Schmeller W, Brauer WJ et al. S1-Leitlinie Lipödem. *JDDG J Dtsch Dermatol Ges* 2017; 15: 758–768
- [3] Földi M, Földi E, Kubik S (Hrsg.). *Lehrbuch Lymphologie: für Ärzte, Physiotherapeuten und Masseur/med. Bademeister – mit Zugang zum Elsevier-Portal*. 7. Aufl. München: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH, 2010
- [4] Wienert V, Földi E, Jünger M et al. Lipödem. *Phlebologie* 2009; 38: 164–167
- [5] Gültig O, Miller A, Zöltzer H. *Leitfaden Lymphologie*. München: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH, 2015
- [6] Rapprich S, Loehnert M, Hagedorn M. Therapy of lipoedema syndrome by liposuction under tumescent local anaesthesia. *Ann Dermatol Venereol* 2002; 2002; 19: 711
- [7] Richter D, Rubin JP, Jewell ML, Uebel CO. *Body Contouring and Liposuction*. Saunders, 2012
- [8] Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982; 14: 377–381
- [9] Hartmann B. Bewegungsbad und Bad als indizierte und dosierte Therapie: Faktoren – Wirkungen – Wirksamkeit. *Österr Z Für Phys Med Rehabil* 2008; 18 (2): 42–50
- [10] Wenzel J, Muth CM. Physikalische und physiologische Grundlagen des Tauchens. *Dtsch Z FÜR Sportmed* 2002; 8: 162–165
- [11] Galic T. Entstauende Wirkung durch hydrotherapeutische Anwendungen. In: Bringezu G, Schreiner O (Hrsg.). *Lehrbuch der Entstauungstherapie: Grundlagen, Beschreibung und Bewertung der Verfahren, Behandlungskonzepte für die Praxis*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2014
- [12] Weiß M, Jost J, Volk G et al. Hormonelle Regulation der Elektrolyt-Volumen-Homöostase bei unterschiedlichen Bedingungen und sportlichen Belastungsformen. *Dtsch Z für Sportmed* 2003; 11: 77–87
- [13] Rusoke-Dierich O. *Tauchmedizin: Grundlagen, Sicherheit, Technik, Notfälle und Reisemedizin für Tauchmediziner, Berufstaucher und Tauchlehrer*. 1. Aufl. 2017. Springer, 2017
- [14] Schnizer W, Fenzl M, Knüsel O et al. Concerning a question about the correction of the training heart rate in the water. Significance of the water temperature? *Phys Med Rehabil Kurortmed* 2006; 16 (6): 330–336
- [15] Birkenfeld AL, Boschmann M, Moro C et al. Lipid Mobilization with Physiological Atrial Natriuretic Peptide Concentrations in Humans. *J Clin Endocrinol Metab* 2005; 90: 3622–3628
- [16] Karnahl B. Vergleichende Untersuchung von Leistungs- und Stoffwechselparametern im ergometrischen Test an Land und im Wasser. 2010
- [17] Becker BE. *Aquatic Therapy: Scientific Foundations and Clinical Rehabilitation Applications*. PM & R 2009; 1: 859–872
- [18] Gutenbrunner C. In: Fialka-Moser V (Hrsg.). *Hydrotherapie in Theorie und Praxis*. München: Pflaum Physiotherapie, 2009
- [19] Ganesini S, Tessari M, Bacciglieri P et al. A specifically designed aquatic exercise protocol to reduce chronic lower limb edema. *Phlebology* 2017; 32: 594–600
- [20] Baumann FT, Reike A, Reimer V et al. Effects of physical exercise on breast cancer-related secondary lymphedema: a systematic review. *Breast Cancer Res Treat* 2018; 1–13
- [21] Rewald S, Mesters I, Lenssen AF et al. Aquatic cycling—What do we know? A scoping review on head-out aquatic cycling. *PLOS ONE* 2017; 12: e0177704
- [22] Sheldahl LM, Tristani FE, Clifford PS et al. Effect of head-out water immersion on response to exercise training. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985 1986; 60: 1878–1881
- [23] Boidin M, Lapierre G, Paquette Tanir L et al. Effect of aquatic interval training with Mediterranean diet counseling in obese patients: Results of a preliminary study. *Ann Phys Rehabil Med* 2015; 58: 269–275
- [24] Bansi J, Bloch W, Gamper U et al. Training in MS: influence of two different endurance training protocols (aquatic versus overland) on cytokine and neurotrophin concentrations during three week randomized controlled trial. *Mult Scler J* 2013; 19: 613–621
- [25] Bansi J, Bloch W, Gamper U et al. Endurance training in MS: short-term immune responses and their relation to cardiorespiratory fitness, health-related quality of life, and fatigue. *J Neurol* 2013; 260: 2993–3001
- [26] Becker J. Reduziert Aqua-Cycling das Volumen ödematöser Schwellungen im Vergleich zum Goldstandard der Manuellen Lymphdrainage bei Lip-/Lipolymphpatientinnen – Eine Pilotstudie. 2016; Pilotstudie, unveröff. Bachelorarbeit, Fresenius. Idstein 2016
- [27] Kuhnke E. Volumenbestimmung aus Umfangsmessungen. In: Kasse-roller R, Brenner E (Hrsg.). *Kompodium der Lymphangiologie: Manuelle Lymphdrainage – Kompression – Bewegungstherapie*. Stuttgart: Thieme, 2007
- [28] Kronimus J, Lampe M. Die Wirkung von Aquacycling bei ärztlich diagnostiziertem Lipödem in Vorbereitung auf eine Liposuktion – Eine Pilotstudie. 2017; Pilotstudie, unveröff. Bachelorarbeit, Fresenius. Idstein 2017
- [29] Hollmann W, Hettlinger T, Strüder KH. *Sportmedizin. Grundlagen für Arbeit, Trainings- und Präventivmedizin*. 4., völlig Neubearb. u. erw. A. Stuttgart: Schattauer, F.K. Verlag, 2000
- [30] http://vmr0100.vm.ruhr-uni-bochum.de/spomedial/content/e866/e2442/e10003/e10010/e10201/e10205/index_ger.html

Effects of aqua cycling as exercise therapy for lipoedema

Wirkung von Aqua-Cycling als Bewegungstherapie bei der Diagnose Lipödem

Authors

R. Burger¹, M. Jung², J. Becker², J. Krominus², M. Lampe², J. Kleinschmidt³, B. Kleinschmidt³

Affiliations

- 1 Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, University of Applied Science,
- 2 Hochschule Fresenius, University of Applied Science
- 3 AquaFitnessClub, Hanau

Key words

Lipoedema, Therapy, Exercise, Aqua-Cycling, Aqua-Fitness, Aqua-Jogging, Fascia

Schlüsselwörter

Lipödem, Therapie, Bewegung, Aqua-Cycling, Aqua-Fitness, Aqua-Jogging, Faszien

received 26.04.2018

accepted 22.01.2019

Bibliography

DOI <https://doi.org/10.1055/a-0839-6346>

Published online: 11.04.2019

Phlebologie 2019; 3: 182–186

© Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York

ISSN 0939-978X

Correspondence

Jörg Kleinschmidt
AquaFitnessClub Akademie
Langgasse 29
63450 Hanau
Tel.: 06181 9065703

ABSTRACT

In the following overview, the general advantages of movement interventions in water, within the physical therapy options, in the diagnosis of lip- and lymphoedema are addressed. Due to positive experiences in patients with lymphoedema, case reports concerning the use of aqua cycling in lipoedema are presented, which should trigger further investigations.

ZUSAMMENFASSUNG

In der folgenden Übersicht werden die allgemeinen Vorteile von Bewegungsinterventionen im Wasser, innerhalb der physikalischen Therapiemöglichkeiten sowie bei den Diagnosen Lip- und Lymphödem angesprochen. Aufgrund von positiven Erfahrungen bei Lymphödempatientinnen werden hier Einzelfallkasuistiken bzgl. des Einsatzes von Aqua-Cycling bei Lipödem vorgestellt, die weitere Untersuchungen anstoßen sollten.

Well-known physical methods of treating oedema

Oedema is due to the accumulation of water in the interstitial tissues when the transport capacity of the lymphatic system is exceeded. Whenever the lymphatic system is overloaded, the only conservative approach to reducing the oedema and/or the associated obesity is complex decongestive therapy (CDT) [1–3] together with an appropriate nutritional strategy.

CDT encompasses manual lymphatic drainage (MLD) and compression therapy, exercise when wearing compression, diet, and skin care. According to current knowledge, this combination ther-

apy brings only short-lived relief to many patients. CDT has been shown to achieve a 12% reduction in the volume of the leg [4].

Manual lymphatic drainage has a specific effect on the transport properties of the collecting lymphatic vessels [5]. In lipoedema, for example, CDT reduces only the fluid content and not the number of cells [1].

There is no alternative to liposuction for the sustained removal of fatty tissue in lipoedema. Clinical studies have shown improvement not only in the shape of the body but also in the associated symptoms [1, 6]. However, the greatest changes were seen in the quality of life. Within six months of liposuction, there were significant changes in the associated symptoms (haematoma forma-

tion, feeling of tension, heavy tired legs). Manual lymphatic drainage was prescribed following the liposuction. Rapprich et al. [1] demonstrated that lymphatic drainage had satisfactory effects in one quarter of all women presenting for liposuction, but almost half of the patients said that lymphatic drainage had no effect.

Patients are recommended not to have liposuction if they weigh more than 120 kg or have a BMI > 32 kg/m² (Quetelet index). Before surgery, therefore, patients should participate in recommended sporting activities and exercises [7], in order to lose weight and lower the BMI.

Exercise is therefore recommended prior to liposuction as well as afterwards. Many types of exercise and sport are not appropriate, as the swelling of the thighs gives rise to changes in gait, which may also have orthopaedic consequences. In addition, most movements have abrasive effects that in turn lead to tissue trauma [4]. The sporting activity should therefore be performed standing or sitting, making controlled cyclical running or walking movements, or in water [1]. The therapist's or trainer's access to the level of exertion and control factors such as heart rate, lactate production, and physiological muscle effort during the exercise session is either not possible or only subjectively possible using the Borg-Scale¹.

Sporting activities produce lactate depending on the performance capacity and therefore, as lactate is part of the lymphatic load, the preferred form of exercise should produce as little lactate as possible. Thanks to the specific effects achieved by submerging the human body in water (immersion), such forms of exercise will be focussed on here.

Physical effects with movement in water

Physical effects achieved by submerging the body in water are also described as immersion effects. They depend on the depth of immersion. It follows that the deeper the body is submerged in water, the greater the effects will be. Immersion effects change with the following fluid mechanical properties: density, buoyancy, hydrostatic pressure, viscosity/resistance, and thermodynamics. The hydrostatic pressure depends on the density of the water and the immersion depth of a cylindrical body, as shown in ► Table 1. The hydrostatic pressure is therefore high on the lower limbs and decreases progressively towards the surface of the water.

The pressure compresses tissue structures. This causes a redistribution of the blood, displacing it from peripheral to central (500–700 mL) [9, 10], which is associated with an increase in stroke volume and cardiac output with a simultaneous reduction in heart rate [11].

Explaining things with the Frank-Starling mechanism, there is an increased preload as seen with the orthostatic reflex. There is a central nervous system-regulated economisation of the cardiac activity. At the same time, the increased central volume leads to increased diuresis through opposing hormonal regulation (renin-angiotensin-aldosterone system (RAAS)) [11]. This diuresis is induced by atrial natriuretic peptide (ANP) [10, 12, 13] released in a reflex response to the stretching of the atrium. This hormone plays

► **Table 1** Relationship of the immersion depth pressure in bar and the pressure in millimetres of mercury to explain the load on the atrium

Immersion depth (m)	Pressure (bar)	Pressure (mmHg)
0.1	0.1	75
0.2	0.2	150
0.3	0.3	225
0.4	0.4	300
0.5	0.5	375
0.6	0.6	450
0.7	0.7	525
0.8	0.8	600
0.9	0.9	675
1.0	1.0	750
1.1	1.1	825
1.2	1.2	900
1.3	1.4	975

a crucial role in the RAAS to regulate water in the body. It lowers the blood pressure and stimulates the renal elimination of sodium chloride and water, which means that less fluid is retained in the interstitial tissues [12]. The kidneys also retain less water, as the secretion of antidiuretic hormone (ADH) is inhibited. This in turn leads to greater diuresis [10, 13], known as 'immersion diuresis' to divers.

A high ANP concentration leads to an increase in ketone production [14, 15]. According to Birkenfeld et al. [15], this has a lipolytic effect that increases the metabolism of fatty acids in the muscles and transports more free fatty acids out of the adipose tissue. As a result, aqua cycling causes greater mobilisation and oxidation of fat [16].

The hydrostatic pressure also has an effect in promoting resorption [17]. In the case of oedema of pregnancy and oedema of renal origin, it has been shown that the flow of fluid from the interstitial tissues to the capillaries and lymphatic vessels is increased, thus removing water from the tissues and reducing oedema [9].

Water also conducts more heat than air (25-times greater conduction). We can therefore assume that the body will require more energy to maintain core temperature and there will thus be a greater energy requirement.

The buoyant force is an upthrust acting against gravity corresponding to the volume of water displaced by the body. The buoyancy tangibly supports the weight of the body; this effect is enhanced as immersion increases and is associated with relief of the postural and locomotor system.

The viscosity of water is 800 to 1000 times greater than that of air [18]. It determines the resistance against movement. With increasing acceleration/speed, turbulence arises behind the moving parts of the body due to the viscosity (bonding between water molecules). This turbulence is chaotic and develops an eddy that acts in the opposite direction to the movement. A dual effect is thus seen: the resistance and thus the training effects are increased

1 The Borg scale is used to determine the subjectively perceived exertion. Borg [8] showed that his rating of perceived exertion (RPE) has an association with heart rate.

and the turbulence has a pulsating mechanical effect on the lymphatic tissue.

Effect of moving in water on oedema

The benefits of aquatic exercise therapy were demonstrated by Ginesini et al. [19] with a specific exercise programme. It aimed to show that muscle pump activity positively affects chronic oedema of the lower limbs. Sixteen patients (12♀, 4♂) showed a mean reduction in the volume of the lower limbs: 303.13 ± 69.72 ml ($p = 0.00002$) and 334.38 ± 62.50 ml ($p = 0.000003$) in the right and left leg, respectively, one week after the end of the intervention. The range of motion at the ankle and the feeling of heaviness in the legs improved significantly. The study showed that movements which are painful on land and might even lead to skin injuries could be carried out in water to the patient's benefit.

A systematic review that included 11 randomised controlled trials [20] looked at the effects of various types of exercise on breast cancer-related lymphoedema (BCRL), to ascertain the role of training in this patient group.

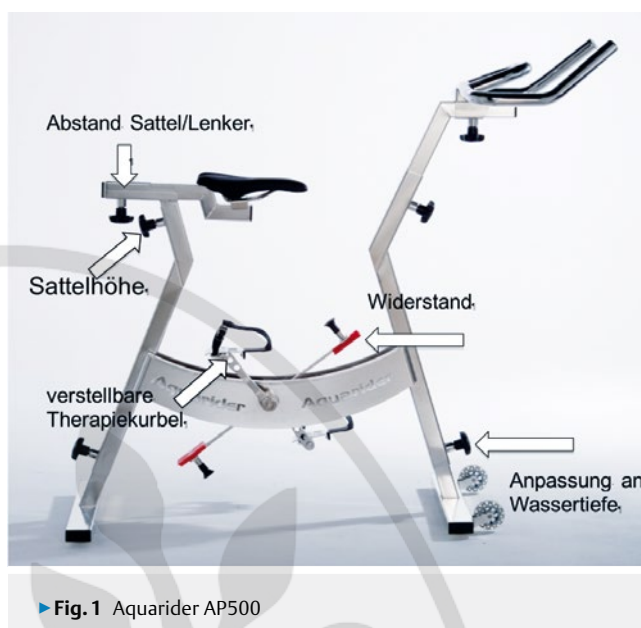
The 458 subjects performed various types of exercise. The exercise programmes were divided into aqua lymphatic training, swimming, resistance training, yoga, aerobics, and gravity training. Four of these studies found a significant reduction in the BCRL status based on measurements of the arm volume; seven studies reported significant subjective improvement. None of the studies showed that the training had a negative effect on BCRL.

Special features of aqua cycling

Aqua cycling is like riding a bicycle in water, comparable to using an exercise bike (ergometer) on dry land. An exercise bike in water can be set to different depths and individual body proportions. The saddle has a narrow sporting shape. The handlebar is reminiscent of the various grips available with spinning bikes. Riders wear shoes and fix their feet lightly in the toe clips of the pedals. The resistance is adjusted by the size and the distance of the resistance plates from the centre of rotation (► Fig. 1).

The depth of water in which patients sit for aqua cycling should come up to a level between the navel and the sternum. Women with the clinical picture of lipoedema often have less experience with regard to sports or exercise due to their increasing physical symptoms. The sitting depth of water ensures that enough of the body mass is still above the water level and the coordination of the body is in the autonomy of the person training.

Cycling has the advantage that there is no abrupt backwards movement and, with the person sitting on the saddle, the legs are not bearing the weight of the whole body. Aqua cycling increases this advantage in that the greater part of the body, especially the part affected by lipoedema, is below the surface of the water. The physiological effects of immersion can thereby be exploited. The great advantage of aqua cycling over other forms of exercise in water is that a considerably higher frequency can be used without a reversal point.



► Fig. 1 Aquarider AP500

Effects of aqua cycling

Rewald et al. [21] carried out a meta-analysis on the benefits of aqua cycling (► Fig. 2). They included 63 publications. Thirty-one of the studies compared aqua cycling with riding on an exercise bike. Only six studies evaluated the effects of aquatic cycling interventions. Most of the studies addressed metabolic differences between cycling on land and in the water. The interventions tested different protocols with respect to the physiologic effects (stress parameters, reduction in weight, strength). Four studies reported a significant improvement in the cardiorespiratory parameters compared with baseline in healthy obese people and patients with multiple sclerosis [22–25]. Aqua cycling and cycling on dry land gave rise to comparable improvements in the cardiorespiratory parameters. In addition, moderate land and aqua cycling units gave similar results in the health-related quality of life and self-reported physical exhaustion in patients with multiple sclerosis. None of the studies contained any physiological aspects of medical conditions with oedema.

Individual case reports on aqua cycling in lipoedema

In his bachelor's thesis, Becker [26] investigated whether aqua cycling in addition to the usual physiotherapy measures improved the reduction in oedema. Ten patients with lipoedema/lipolymphoedema were divided into two groups (intervention $n = 5$, controls $n = 5$) for ten weeks. Both groups were treated with MLD once or twice a week. The intervention group additionally had aqua cycling once a week. The effects of treatment were evaluated by measuring the circumference according to Kuhnke [27] to determine the volume in a before/after comparison.

A direct comparison of the mean of each leg showed a clear volume-reducing effect of 266.37 ± 435.60 cm³ in the intervention group, while there was a volume increase of 439.95 ± 1246.90 cm³ in the control group (MLD only). One subject in particular contributed



► **Fig. 2** Example of an aqua cycling exercise session

to the average volume increase in the control group: the volume of her legs increased by 2060 cm³ (left leg) and 3105 cm³ (right leg). Becker voiced the suspicion that the subject had not been wearing her compression stockings regularly.

Also in the context of a bachelor's thesis, Kronimus and Lampe [28] investigated three individual persons also for a period of ten weeks. They tested whether aqua cycling had a volume-reducing effect on lipoedema. Data was collected using the Bodytronic® 600, a clinical examination, a specially designed questionnaire, and the 36-item short form survey (SF-36), before and after a standardised course of aqua cycling.

Two of the three patients showed a reduction in the overall leg circumference (VP1 = -58.9 cm, VP2 = 4.2 cm, VP3 = -19.8 cm), in weight (VP1 = -5 kg, VP2 = 1.1 kg, VP3 = -5.1 kg), and in pain (VP1 = -7, VP2 = -2, VP3 = 1) in the oedematous area. Two patients reported a better health-related quality of life on the SF-36 (VP1 = 6 %_{physical}/10 %_{psychological}, VP2 = 2 %_{physical}/20 %_{psychological}, VP3 = 6 %_{physical}/5 %_{psychological}).

The observations made in these theses show positive effects of aqua cycling, so that further studies should be carried out on larger populations.

CONCLUSIONS

The physiological changes that arise in the body from immersion indicate consistently positive aspects from exercise in water for all medical conditions with oedema. Taking possible disease-related restrictions such as reduced mobility into consideration, it can be seen that exercising on a bike in the water (aqua cycling) is to be encouraged. The circular pedalling motion exploits the possibility of using the viscosity as well as the water depth as a means of dynamic compression. With appropriate didactic concepts aimed at using the method specifically in lymphoedema patients, there is a possibility of supporting self-management in those affected. With a targeted structure of the sessions, beginning by working on an upright posture and correct breathing, it is also possible to set individual exercise parameters in clients with obesity.

A further aspect of the immersion procedure with simultaneous exercise is that the lactate concentration shows

dynamics that are different in water from on land [16]. Its production curve is flatter. The values in water are significantly lower than when training on land. As an accumulation of lactate inhibits ketosis and thus fat metabolism, this knowledge helps us to ensure effective training for reducing obesity [29]. The demonstrated rise in ANP [16] indicates that there will be increased diuresis.

We can therefore define the following questions to be addressed in future studies:

- If the lactate curve with incremental tests is different in water from that seen on dry land, do the dynamics follow other model relationships?
- Can the previously suspected effects, both physical and psychological, arising from the AquaFitnessClub didactic concept also be confirmed empirically?
- Can general goals for appropriate self-management be formulated for patients with oedema?

In terms of systematisation of the subject, it is important that physiotherapists and sports scientists are offered well-founded courses at the interface of sports sciences and lymphology to become aqua cycling trainers.

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflicts of interest.

References

- [1] Rapprich S, Baum S, Kaak I et al. Treatment of lipoedema using liposuction, Therapie des Lipödems mittels Liposuktion im Rahmen eines umfassenden Behandlungskonzeptes. *Phlebologie* 2015; 44: 121–132
- [2] Reich-Schupke S, Schmeller W, Brauer WJ et al. S1-Leitlinie Lipödem. *JDDG J Dtsch Dermatol Ges* 2017; 15: 758–768
- [3] Földi M, Földi E, Kubik S (Hrsg.). *Lehrbuch Lymphologie: für Ärzte, Physiotherapeuten und Masseure/med. Bademeister – mit Zugang zum Elsevier-Portal*. 7. Aufl. München: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH, 2010
- [4] Wienert V, Földi E, Jünger M et al. Lipödem. *Phlebologie* 2009; 38: 164–167
- [5] Gültig O, Miller A, Zöltzer H. *Leitfaden Lymphologie*. München: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH, 2015
- [6] Rapprich S, Loehnert M, Hagedorn M. Therapy of lipoedema syndrome by liposuction under tumescent local anaesthesia. *Ann Dermatol Venereol* 2002; 2002; 19: 711
- [7] Richter D, Rubin JP, Jewell ML, Uebel CO. *Body Contouring and Liposuction*. Saunders, 2012
- [8] Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982; 14: 377–381
- [9] Hartmann B. Bewegungsbad und Bad als indizierte und dosierte Therapie: Faktoren – Wirkungen – Wirksamkeit. *Österr Z Für Phys Med Rehabil* 2008; 18 (2): 42–50

- [10] Wenzel J, Muth CM. Physikalische und physiologische Grundlagen des Tauchens. *Dtsch Z FÜR Sportmed* 2002; 8: 162–165
- [11] Galic T. Entstauende Wirkung durch hydrotherapeutische Anwendungen. In: Bringezu G, Schreiner O (Hrsg.). *Lehrbuch der Entstauungstherapie: Grundlagen, Beschreibung und Bewertung der Verfahren, Behandlungskonzepte für die Praxis*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2014
- [12] Weiß M, Jost J, Volk G et al. Hormonelle Regulation der Elektrolyt-Volumen-Homöostase bei unterschiedlichen Bedingungen und sportlichen Belastungsformen. *Dtsch Z für Sportmed* 2003; 11: 77–87
- [13] Rusoke-Dierich O. *Tauchmedizin: Grundlagen, Sicherheit, Technik, Notfälle und Reisemedizin für Tauchmediziner, Berufstaucher und Tauchlehrer*. 1. Aufl. 2017. Springer, 2017
- [14] Schnizer W, Fenzl M, Knüsel O et al. Concerning a question about the correction of the training heart rate in the water. Significance of the water temperature? *Phys Med Rehabil Kurortmed* 2006; 16 (6): 330–336
- [15] Birkenfeld AL, Boschmann M, Moro C et al. Lipid Mobilization with Physiological Atrial Natriuretic Peptide Concentrations in Humans. *J Clin Endocrinol Metab* 2005; 90: 3622–3628
- [16] Karnahl B. Vergleichende Untersuchung von Leistungs- und Stoffwechselparametern im ergometrischen Test an Land und im Wasser. 2010
- [17] Becker BE. *Aquatic Therapy: Scientific Foundations and Clinical Rehabilitation Applications*. PM & R 2009; 1: 859–872
- [18] Gutenbrunner C. In: Fialka-Moser V (Hrsg.). *Hydrotherapie in Theorie und Praxis*. München: Pflaum Physiotherapie, 2009
- [19] Giansesini S, Tessari M, Bacciglieri P et al. A specifically designed aquatic exercise protocol to reduce chronic lower limb edema. *Phlebology* 2017; 32: 594–600
- [20] Baumann FT, Reike A, Reimer V et al. Effects of physical exercise on breast cancer-related secondary lymphedema: a systematic review. *Breast Cancer Res Treat* 2018; 1–13
- [21] Rewald S, Mesters I, Lenssen AF et al. Aquatic cycling—What do we know? A scoping review on head-out aquatic cycling. *PLOS ONE* 2017; 12: e0177704
- [22] Sheldahl LM, Tristani FE, Clifford PS et al. Effect of head-out water immersion on response to exercise training. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985 1986; 60: 1878–1881
- [23] Boidin M, Lapiere G, Paquette Tanir L et al. Effect of aquatic interval training with Mediterranean diet counseling in obese patients: Results of a preliminary study. *Ann Phys Rehabil Med* 2015; 58: 269–275
- [24] Bansi J, Bloch W, Gamper U et al. Training in MS: influence of two different endurance training protocols (aquatic versus overland) on cytokine and neurotrophin concentrations during three week randomized controlled trial. *Mult Scler J* 2013; 19: 613–621
- [25] Bansi J, Bloch W, Gamper U et al. Endurance training in MS: short-term immune responses and their relation to cardiorespiratory fitness, health-related quality of life, and fatigue. *J Neurol* 2013; 260: 2993–3001
- [26] Becker J. *Reduziert Aqua-Cycling das Volumen ödematöser Schwellungen im Vergleich zum Goldstandard der Manuellen Lymphdrainage bei Lip-/Lipolymphpatientinnen – Eine Pilotstudie*. 2016; Pilotstudie, unveröff. Bachelorarbeit, Fresenius. Idstein 2016
- [27] Kuhnke E. Volumenbestimmung aus Umfangsmessungen. In: Kasse-roller R, Brenner E (Hrsg.). *Kompodium der Lymphangiologie: Manuelle Lymphdrainage – Kompression – Bewegungstherapie*. Stuttgart: Thieme, 2007
- [28] Krönimus J, Lampe M. Die Wirkung von Aquacycling bei ärztlich diagnostiziertem Lipödem in Vorbereitung auf eine Liposuktion – Eine Pilotstudie. 2017; Pilotstudie, unveröff. Bachelorarbeit, Fresenius. Idstein 2017
- [29] Hollmann W, Hettinger T, Strüder KH. *Sportmedizin. Grundlagen für Arbeit, Trainings- und Präventivmedizin*. 4., völlig neubearb. u. erw. A. Stuttgart: Schattauer, F.K. Verlag, 2000
- [30] http://vmr0100.vm.ruhr-uni-bochum.de/spomedial/content/e866/e2442/e10003/e10010/e10201/e10205/index_ger.html