

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 kg/m² (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 Verstoffwechslung 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 randomisierte kontrollierte Studien zusammengefasst wurden [20], sollten die Auswirkung verschiedener Arten von Übungen auf das Brustkrebsassoziierte 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 Aquadider 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 Stoffwechselfparametern 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] Giancesini 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] Bansj 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] Bansj 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://vmrz0100.vm.ruhr-uni-bochum.de/spomedial/content/e866/e2442/e10003/e10010/e10201/e10205/index_ger.html