



**MICHAEL
NEDWED**

HERZGEFÄSSEFFEKTE DURCH PACKEN

OKTOBER 2015

Zunächst meine Erläuterung des Vorganges und anschließend, die aus dem Englischen übersetzte Studie.

Das Packen ist hinsichtlich der möglichen Synkopen und anderen Gefährdungspotentialen nicht unumstritten. Anfänger laufen Gefahr ihren Idolen nachzueifern und vergessen dabei, dass diese schon einige Zeit in diesem Sport etabliert sind. Ich hoffe durch diesen Artikel sollte jedem eigentlich verständlich sein, das wenn zwei dasselbe tun es nicht das Gleiche ist.

Es ist ein sorgsamer Umgang und entsprechende Aufklärung notwendig um Schäden und Unfälle durch beide Packing-Methoden (GI und GE) zu vermeiden.

Lungenverletzungen sind langwierigen Heilungsphasen unterlegen. Wie bei allen vernarbten Geweben ist die Elastizität eingeschränkt und somit ein prädisponierender Faktor für erneute Schädigungen im angrenzenden Bereich.

Das "bukale Pumpen" (buccal pumping; Packen; Karpfen) ist eine Technik, durch die Freitaucher ihr Lungenvolumen über ihre normale Gesamtlungenkapazität (TLC) erhöhen können und der Luftdruck innerhalb der Lunge über dem Normaldruck liegt. Die Mediziner bezeichnen es auch als glossopharyngeal insufflation (GI), während das reversal Packing mit glossopharyngeal exsufflation (GE) bezeichnet wird. GE ist das Gegenteil von GI, hierbei wird Luft aus der Lunge gesaugt, mit dieser Methode kann man z. Bsp. sein Residualvolumen (RV) verringern.

Nach einer abgeschlossenen maximalen Inspiration hält man den Atem an, schließt die Glottis und der weiche Gaumen (Gaumensegel) dichtet zum Nasenrachenraum ab. Die Zunge liegt flach im Mund und die Lippen werden leicht geöffnet, bei gleichzeitigem Absenken des Unterkiefers. Dadurch entsteht eine Sogwirkung Luft fließt in den Mundraum, die Lippen schließen, der Kiefer bleibt gesenkt. Bei gleichzeitigem öffnen der Glottis, der Aufwärtsbewegung von Kiefer und Zunge wird die Luft in die Lunge gepresst. Anschließend die Glottis wieder schließen. Bei Bedarf kann die Nase entweder per Hand oder mit Nasenklammer verschlossen werden. Oftmals wird dieser Vorgang mit dem Schlucken verglichen, was nicht der Fall ist. Beim Schlucken rutscht der Zungengrund nach hinten und verlegt mit dem Absenken des Kehldeckels den Zugang zur Luftröhre. Dadurch wird der Zugang zur Luftröhre erschwert und die Luft eher in den Magen gedrückt.

Der Mundraum ist also die Luftpumpe, die Glottis das Ventil und die Lunge der Ball.

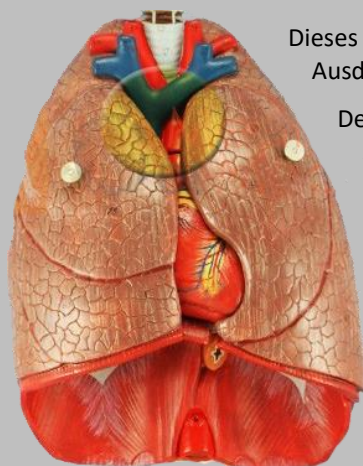
Danach wird der Zyklus wiederholt, bis der Taucher meint genügend Luft zu haben Das Volumen bewegt sich in einem Rahmen von 0,4-1,5 Liter. Das Volumen der Lunge wird etwa um 20%-39% erhöht, bedingt durch die höhere Luftmasse steigt der Druck innerhalb der Lunge ebenfalls stark an. Wobei diese Volumensteigerung sich größtenteils durch den Druck ergibt und weniger durch die weitere Blähung der Lunge über TLC hinaus. Die weitere Blähungsmöglichkeit ergibt sich durch mehrere Reserveausbuchtungen (Recessus) der Pleura, die sich selbst bei tiefer TLC Einatmung nicht komplett füllen. Diese "Falten" befinden sich an den Zwerchfellrändern und der Brustmitte.

Das Packen wird angewendet um durch die erhöhte Lungenkapazität die theoretische Tauchtiefe zu vergrößern. Das ist die Tiefe in der man willentlich keine Luft mehr aus der Lunge in den Mundraum befördern kann. Das mehr an Sauerstoff wird natürlich auch gerne genommen, ist jedoch nicht der Hauptgrund (0,08 L – 0,3 L Sauerstoff).

Die Lunge wird durch den erhöhten Druck erst später ihr Residualvolumen (RV) erreichen, die Tiefenverschiebung zur normal belüfteten Lunge ist abhängig vom aufgebauten Druck. Da Lungenvolumen individuell unterschiedlich sind und die Tiefenverschiebung in Abhängigkeit der eingepressten Luft steht, kann man schlecht Angaben machen. In einer TLC 4 Liter Lunge mit eingepresstem 1 Liter ist der Druck natürlich höher, als in einer 8 Liter Lunge mit eingepresstem 1 Liter Luft.

Auch durch das grundsätzliche Bestreben der Lunge sich zu verkleinern, was bei normaler Atmung das passive Ausatmen bewirkt, wird der Druck innerhalb des Thorax erhöht.

An der Oberfläche verringert diese maximale Ausdehnung der Lunge die venöse Blutzufuhr zur rechten Herzkammer und folglich die Auswurfleitung der linken Herzkammer. Dies verursacht eine vorübergehende Verringerung des arteriellen Blutdruckes während der ersten 20 Sekunden des Atem-Anhaltens. Diese normale Verringerung des Blutdruckes bei tiefer Einatmung wird durch das bukale Pumpen verstärkt. Einige Freitaucher berichteten davon, dass sie nach dem Packen ohnmächtig wurden. Es wurden auch schon neurologische Ausfälle als auch Lungenverletzungen festgestellt.



Dieses Bild veranschaulicht den Grund warum die Vene durch die Lunge bei maximaler Ausdehnung quasi abgedrückt wird gut.

Der obere Bereich der Lunge wird bei normaler Atmung kaum benutzt und hat selbst bei tiefer Atmung bei sportlicher Belastung keine prekäre Auswirkung, da die Vene nur durch die Ausdehnung der Lunge belastet wird und selbst bei sehr tiefer Atmung nicht die Ausdehnung erreicht, wie es durch das Packen geschieht, da diese Belastung bei tiefer Atmung ja nicht lange besteht. So sinkt bei einer Atmung auf das TLC, mit anschließendem anhalten des Atems, der Blutdruck um bis zu 25% und die Herzfrequenz steigt um 8%, während nach dem Packen der Blutdruck um bis zu fast 50% sinkt und die Herzfrequenz um fast 25% steigt. Daraus ergibt sich, dass der Volumenmangel an Blut durch die Erhöhung der Pumpfrequenz ausgeglichen werden soll. Durch die stark verringerte venöse Rückflussmenge des Blutes wird eine temporäre Hypotonie erzeugt, der Blutdruck sinkt unter die Werte

von 110/70 (Männer) oder 100/60 (Frauen). Symptome sind unter anderem Schwindel, Tachykardie und Synkope.

Da beim Abtauchen dieser Effekt schon auf einer Tiefe von 2 m abgeschwächt ist, kann hinsichtlich einer Synkope beim Tieftauchen kaum etwas passieren. Bleibt man jedoch an der Oberfläche kann eine Synkope eintreten. Somit ist das Packen bei Statik und Streckentauchen hinsichtlich eines Synkope Risikos höher einzustufen, sobald man ans maximale Packvolumen geht.

Wenn man an Land das Packen übt und den Zustand bei maximalem Packvolumen als Dehnübung länger hält, ist eine Ohnmacht auch möglich.

Die Risiken was neurologische Ausfälle und Lungenverletzungen betrifft sind natürlich auch immer mit von der Partie.

Drehen wir jetzt den Ablauf einmal um und ein Apnoetaucher, der mit normaler Lungenfüllung abgetaucht ist, hat in der Tiefe komprimierte Luft aufgenommen, sei es von einem Gerätetaucher oder aus einer Luftblase in einer Grotte, Wrack oder Felsüberhang. Beim Auftauchen dehnt sich diese Luft aus und bewirkt den gleichen Effekt wie das Packen. Nur das bei den hohen Aufstiegsgeschwindigkeiten dieser Zustand erheblich schneller erreicht wird und der Druck natürlich um ein vielfaches höher ist.

Wenn erfahrene Apnoetaucher schon beim Packen an Land ohnmächtig werden können, ohne die Symptome richtig zu deuten, kann das in dieser Situation erst recht passieren.

Aus diesem Grund muss in einem solchen Fall abgeatmet werden, die Ohnmacht tritt eher ein als Überdehnungsverletzungen. Aus eigenen Erfahrungen kann ich sagen, dass man die Luft beim Auftauchen willentlich nicht bis zu entsprechenden Verletzungen anhalten kann.

In Panik mit Stimmritzenverschluss sind solche Verletzungen sehr wohl möglich.

Ein weiteres Argument, das sich Freitaucher noch intensiver mit der Anatomie befassen müssen. Wir haben keine Back-Up-Systeme und die Lehrmittel bei den Kursen, unabhängig vom Verband, sind diesbezüglich und allgemein vom medizinischen Aspekt her betrachtet auf einem sehr bescheidenen Level.

Nachgewiesene Vorkommnisse, deren englischsprachigen Berichte als zusätzlicher Download im Artikelbereich beigefügt sind, hier auf Deutsch nur Kurzbeschreibung des jeweiligen Falles.

- **Asystolie mit erhöhten Myoglobinwerten im Blut nach Packen (2009)**

Auffällig ist bei diesem Patienten, das sein Blutdruck sich schon im hypotonischen Bereich (105/60; Normal 125/85 Hypotonisch Mann 110/70) bewegt. Was schon ein Anzeichen für eine Herzmuskelschwäche sein kann. Sein zusätzliches Packvolumen beträgt 0,5 L und der Versuch wurde trocken, in Rückenlage auf einer Liege absolviert. Das Ergebnis war nicht das Ziel dieser Untersuchung! Nach 10 Sekunden kommt es schon zu dem Vorfall, abatmen, Proband nicht ansprechbar, 2 Asystolen (kein Herzschlag), Blutdruck sackt entsprechend ab. Nach 30 Sekunden ist der Proband wieder ansprechbar. Das Myoglobin ist signifikant auf 119/117 µg/l angestiegen, jedoch weit weg von Werten eines Herzinfarktes (600-1000 µg/l), eine normale Körperreaktion, wenn ein Muskel eine plötzliche Unterversorgung mit Blut erfährt.

- **Spontanes Mediastinalempysem nach Packen (2006)**

Das Mediastinalgewebe umfasst, bis auf die Lungen, alle Brustorgane. Es handelt sich bei einem spontanem Mediastinalempysem um Luftübertritt durch zerstörte Alveolen. Meist ohne vorheriges Trauma, oder Erkrankung jedoch sehr oft in Zusammenhang mit einem Anstieg des Lungendruckes. Der Proband hatte bei einer TLC Atmung 0,025 bar –Lungendruck und nach dem Packen mit 1,04 L über TLC lag der Druck bei 0,041 bar. In anderen Versuchen wurden bei anderen Tauchern Werte von bis zu 0,08 bar gemessen. Mit einer CT wurden vier Aufnahmesequenzen durchgeführt: TLC, nach Packen, RV und nach Reversal Packing. Bei allen vier Aufnahmen wurde eine konstante kleine Menge von etwa 10 ml Luft im Mediastinalbereich festgestellt werden. Bei vorherigen Röntgenaufnahmen war nichts davon festzustellen. Der Proband war symptomlos und schmerzfrei. Es wurden keine Anomalien im Brustbereich festgestellt. Es kann nicht ausgeschlossen werden, das die Luft schon vor dem Versuch im Mediastinalbereich war, jedoch ist aufgrund der erreichten Drücke die Vermutung naheliegend, dass es bei dem Versuch passierte.

- **Verdacht einer arteriellen Gasembolie durch Packen (2010)**

Nach dem eigentlichen Experiment, welches das Packen nicht beinhaltete, wollte der Proband sein maximales Ausatemvolumen nach dem Packen wissen. Der Versuch wurde auf sein Verlangen hin durchgeführt, was auch keine Besonderheit darstellt. Das Volumen lag 1,87 L über seiner VC von 6,79 L. Etwa 30-60 Sekunden nach diesem Versuch, klagte er über Unwohlsein und Missempfindung in der rechten Schulter als auch an der rechten Halsseite. Die neurologische Untersuchung bestätigte dies. Nach 2-3 Minuten war die Parästhesie in der Schulter abgeklungen und eine Minute später auch die im Halsbereich. Der Proband hatte seiner Aussage nach nie einen solchen Vorfall erlebt. Trotz Warnung hat er das Packen weiter praktiziert, jedoch nicht mehr bis zu seinem Maximalwert. Er hatte keine weiteren Vorfälle.

Die Fallstudien belegen, dass Vorfälle sich nicht nur bei sehr hohen Packvolumen einstellen können. Alle Fälle wurden im Trockenen absolviert, wonach bei gleichem Packritual im Verhältnis zum Packen kurz vor dem Abtauchen weniger Druck in der Lunge herrscht, da schon bei einer Oberflächen-Immersion sich mehr Blut im Lungenbereich befindet und durch diese Raumforderung der Blutgefäße der Druck ebenfalls erhöht wird.

Bei gepackten Lungen wird beim Abtauchen durch das Abknicken des Oberkörpers in der Hüfte der Druck in der Lunge nochmal erhöht. Das Packen verbessert die Sauerstoffversorgung nicht, da sich zwar die Alveolen vergrößern, die Kontaktfläche zu den Blutgefäßen jedoch nicht im gleichen Maße. Die Sauerstoffreichen Blutgefäße werden durch die Platzforderungen der Alveolen eher in ihrer Durchfluss Kapazität behindert, als die venösen da sie einen geringeren Druck aufweisen. Durch den erhöhten Druck wird sich die Erhöhung der Transportkapazität des physikalisch gelösten Sauerstoffes in einem vernachlässigbaren Rahmen bewegen. Die Haupttransportkapazität ist das Hämoglobin und diese Kapazität ist durch erhöhten Druck nicht zu steigern.

Ein weiterer Aspekt ist, dass bei Sauerstoffarmen Alveolen die Blutzufuhr reduziert wird. Durch diese Regelung wird der Bloodshift beeinflusst. Er ist dementsprechend nicht gleichmäßig und die gedrosselte Blutzufuhr in den sauerstoffarmen Alveolen lässt sie deshalb eher in den Verletzungsbereich rücken.

Herzgefäßeffekte durch das Bukkale Pumpen bei Freitauchern

Engl. Original von Johan Andersson, Erika Schagatay, Per Gustafsson und Hans Örnhagen

Mit dieser Studie sollen die Effekte, die das bukkale Pumpen hervorruft untersucht werden, um die Hypothese dass der erhöhte intrathorakale Druck und der somit verursachte Abfall des Blutdruckes zu den Ohnmachtsanfällen führen.

Themen

Diese Studie wurde von den Forschungs- und Ethik-Ausschüssen der Universitäten von Göteborg und Lund genehmigt.

Drei Testpersonen (Tabelle 1), die durch bukkales Pumpen ihre TLC um mindestens 0.5 Liter erhöhen können, haben sich freiwillig für die Studie zur Verfügung gestellt. Sie wurden über die Verfahrensweise eingehend informiert und verfügten über praktische Erfahrung im Freitauchen.

Tabelle 1. Charakteristika der Testpersonen

Person Nr.	Alter in Jahren	Körpergröße in cm	Gewicht in kg	TLC in Ltr	TLC + Bukkal in Ltr
1	25	184.0	72.5	5.50	6.00
2	25	189.0	70.4	5.54	6.54
3	17	190.5	74.0	6.45	8.13

Verfahren

Jede Person saß während aller Testreihen in einem Stuhl. Um eine standardisierte kardiopulmonale Situation vor jeder Testreihe zu erreichen. Die Person stand dann auf ging in die Knie, danach führte sie ein VC-Manöver in der sitzenden Position aus. Eine Minute Pause und spontane Atmung ging dann jeder Testreihe voran. Zuerst wurde eine Reihe mit normaler TLC gebildet. Ein Mundstück mit einem Computer regulierten AN/AUS-Ventil wurde an ein Spirometer angeschlossen (Vicatest 5, Mijnhardts, Niederlande). Bei erreichter TLC nahm die Testperson das Mundstück in seinen Mund und entspannte seine Lungen gegen das geschlossene Ventil (VC Manöver) um die Flusslinie Druckes zu messen. Bei dann geöffnetem Ventil wurde passiv 0,5 Liter Luft aus den Lungen entweichen gelassen. Danach war das Ventil wieder geschlossen und der Entspannungsdruck wurde wieder gemessen. Die Apnoe dauerte ungefähr 1 Minute, während dessen wurde das Lungenflügelvolumen stufenweise durch passive Abatmung zur Funktionsrestkapazität der Testperson gesenkt wurde und dann aktiv zu seinem Restvolumen durch das Ventil Mundstück ausatmete. Dies simulierte gewissermaßen einen Freitauchgang mit Kompression des Lungengases und Beseitigung des hohen intrathorakalen Drucks. In jeder Testreihe wurden 7-8 Wiederholungen unter TLC und im gepackten Zustand (TLC + Bucc.) durchgeführt.

Herzgefäß- und Lungenparameter wurden ununterbrochen von einem Computer aufgezeichnet und gespeichert.

Systolische und diastolische Blutdrücke wurden mit einem Photoplethysmograph (Finapres 2300, Ohmeda, Madison, Wisconsin) aufgezeichnet

Der Puls wurde von einem EKG-Monitor erfasst (Micromon 7142, Kontron Instrumente, Watford, Großbritannien).

Die arterielle Hämoglobinsauerstoffsättigung (SaO₂) wurde mit einem Impulsoximeter (Biox 3700, Ohmeda, Madison, Wisconsin) festgestellt.

Puls- und Blutdruckwerte vor den Manövern, während der Ruhephase und an der Höchstinspiration wurden unter TLC und TLC+Bucc mit einem T Test verglichen.

Ein hoher intrathorakaler Druck wurde durch das bukkale Pumpen produziert. Bei TLC war die durchschnittliche Entspannungsflusslinie 3,1 kPa (0,031 bar). Nach dem bukkalen Pumpen über TLC, wurde die Entspannungsflusslinie auf 6,1 kPa (0,061 bar) erhöht.

Für andere Lungenresultate sehen Sie bitte Örnhagen et al. [7].

Systolische und diastolische Blutdrücke (BP) wurden bei TLC und gepacktem Zustand (TLC + Bucc) verringert, diese Werte wurden mit Werten vor der Inspiration verglichen. (Bild. 1). Beim TLC Durchschnitt wurden

systolische und diastolische BP um 27% beziehungsweise um 26% verringert, während sie unter TLC+Bucc um 49% beziehungsweise 36% verringert wurden (Tabelle 2). Die niedrigsten BP, die unter TLC+Bucc bei Testperson 2 und 3 aufgezeichnet wurden, waren 26/24 mm Hg (0,0346/0,032 bar) beziehungsweise 49/44 mm Hg (0,0653/0,0587 bar), während bei Testperson 1 sie nicht unterhalb des Wertes unter TLC fielen.

Nach der Inspiration zur TLC, nahm die Herzfrequenz um 8% zu. Nach dem bukkalen Pumpen, erhöhte sich die Herzfrequenz um 24%, bezogen auf die Werte der Kontrollmessungen zu Beginn der Testreihe (Tabelle 2). Das SaO2 fiel bei keiner Testperson unter 96%

Tabelle 2

Mittelpuls und Blutdruck während der Kontrollmessung im Sitzen und bei ruhiger Atmung, sowie während der Apnoe unter TLC und TLC + Bucc.

	Herzfrequenz [bpm]		Blutdruck [mmHg]	
	Kontrollmessung	während	Kontrollmessung	während
TLC	79	85**	154/92	112/67
TLC + Bucc	78	97***	170/98	86/63***

Es handelt sich um die Mittelwerte von 3 Testpersonen. Die Unterschiede, die mit den Kontrollwerten verglichen werden, sind mit ** (P<0.01) beziehungsweise mit *** (P<0.001), gekennzeichnet.

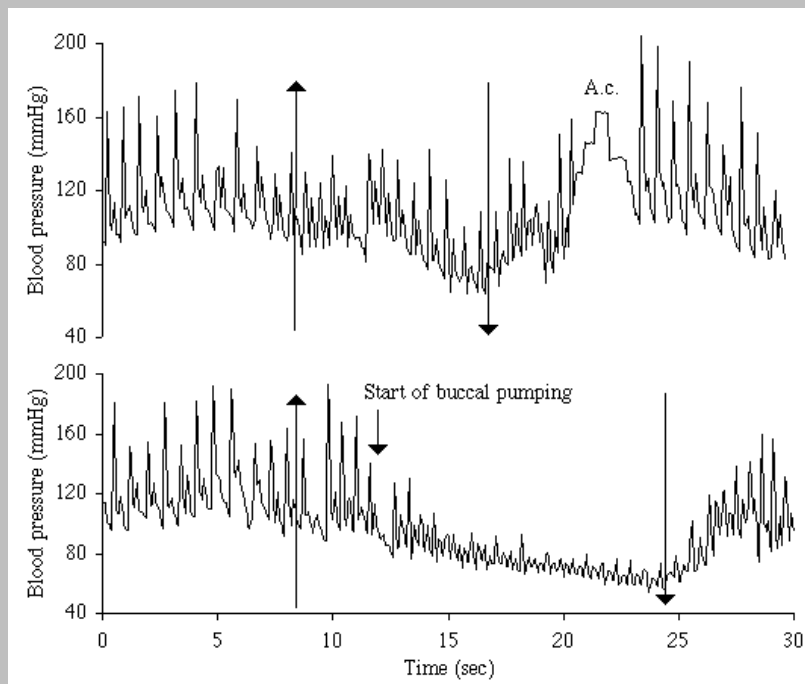


Bild 1

Der arterielle Blutdruck während TLC (Oben) und TLC+Bucc (Unten) von Testperson 3. Die Pfeile zeigen den Anfang der Inspiration und den Beginn des Verfalls an.

ZUSAMMENFASSUNG

Während des normalen Atem-Anhaltens, nach einer Inspiration zur TLC, entwickelt sich eine kurze, vorübergehende Tachykardie (erhöhte Herzfrequenz) und ein sinkender arterieller BP [1]. Jedoch stieg innerhalb der ersten 15 Sekunden während der Apnoezeit der Blutdruck wieder an [1, 3].

Ein ähnlicher BP Verlauf wurde in dieser Studie nach Inspiration auf die TLC beobachtet. Während der TLC-Phase ist der Impulsdruck noch 45 mm Hg, der anzeigt, dass die venöse Rückkehr nicht vollständig behindert wird (Tabelle 2). Während des bukkalen Pumpens wird der Impulsdrucks drastisch verringert und der systolische Druck fällt stufenweise (Tabelle 2, Bild 1). Dies zeigt an, dass der venöse Rückfluss in einem großen Umfang durch den hohen intrathorakalen Druck behindert wurde. Wenn der hohe intrathorakale Druck länger gehalten wurde

als 15 Sekunden, kann man festhalten, dass als wahrscheinliches Resultat eine Synkope durch das bukkale Pumpen auf Land ausgelöst wird.

Der sehr schnelle Anstieg des BP, wenn der intrathorakale Druck abgebaut wird (Bild 1), zeigt, dass durch bukkales Pumpen die Gefahr eine Synkope zu erleiden recht hoch ist, wenn der Taucher an der Oberfläche verweilt und nicht abtaucht. Bei einer Tiefe von 2 m wird der Effekt bereits, durch den ansteigenden Umgebungsdruck und der folgenden Kompression beseitigt.

Das vergrößerte Lungenflügelvolumen während der Apnoe beeinflusst die menschliche Tauchfähigkeit (d.h., Bradykardie und Vasokonstriktion), durch die mechanischen Rezeptoreffekte der Lungenausdehnung [1]. Wie in dieser Studie beobachtet wurde sind zu Beginn des Atem-Anhaltens die mechanischen Effekte von dem Gesamtpaket der Effekte am stärksten ausgeprägt. Die Rezeptoreffekte der Ausdehnung sind vermutlich während der gesamten Apnoe wirkungsvoll, wenn das Lungenflügelvolumen konstant gehalten wird.

Es ist nicht bekannt, wie dieser beträchtlich hohe intrathorakale Druck die empfindlichen Lungenhochdruckrezeptoren [2] beeinflusst. Es konnte nicht mit Sicherheit festgestellt werden, dass die Lungenrezeptoren, wenn sie durch bukkales Pumpen angeregt werden [5], die Zirkulation in der normalen Weise (d.h., Reflexherzverlangsamung und Vasodilatation) beeinflussen. Auch in unseren Experimenten war der Einfluss der Lungenausdehnungsrezeptoren zum Ende des Apnoe verringert. Wahrscheinlich durch die Verringerung des Lungenflügelvolumen und -druck ausgelöst.

Die BP, die während der ruhigen Atmung bei den jungen Testpersonen aufgezeichnet wurden, waren ein wenig hoch und reflektieren vermutlich die normale Herzgefäß-Antwort auf eine neue und fordernde Situation für die Testpersonen. Die arteriellen Blutdruckwerte, die mit dem Finapres erfasst wurden, sind auch etwas höher als normal [6].

Unsere Resultate stützen die These, dass die berichteten Fälle der Freitaucher, die nach dem bukkalen Pumpen in Ohnmacht fallen, durch die übermäßige Zunahme des intrathorakalen Druckes verursacht werden könnte. Die drastischsten Verringerungen der BP, die beim bukkalen Pumpen beobachtet wurden, zeigen, dass der mögliche Verlust des Bewusstseins als Gefahrenquelle berücksichtigt werden muss, besonders wenn der Taucher an der Oberfläche bleibt. Man sollte auch bedenken, dass die Niveaus des bukkalen Pumpens durch die Testpersonen in dieser Studie nicht maximal waren, da eine Synkope vermieden werden sollte und es fordernde Testreihen mit einigen Wiederholungen waren. Wird im authentischen Tauchen das bukkale Pumpen bis zu einem maximalen oder nahezu maximalen Niveau praktiziert, so werden sich die Herzgefäß-Effekte vermutlich sogar ausgeprägter äußern.

Begriffserläuterungen

bukkal

Adjektiv; zur Backe gehörend, auf der Backenseite; vom lateinischen bucca, Backe

Das VC-Manöver

(VC=Vitalkapazität) ist ein Bediener initiiertes Manöver, bei dem der Patient aufgefordert wird, so tief wie möglich einzuatmen (unabhängig von den aktuellen Einstellungen) und anschließend langsam und vollständig auszuatmen.

Vaskokonstriktion

Engstellung von Blutgefäßen, mit resultierender Erhöhung des Strömungswiderstandes, durch verstärkten Kontraktionszustand

Vasodilation

Weiterstellung von Blutgefäßen; passiv durch Wanddehnung infolge von intravasalen (in einem Blutgefäß) und sekundär transmuralen Druckanstiegs (durch eine Organwand hindurch) bei Blutüberfüllung

Quellen

[1]. Andersson, J. and E. Schagatay (1998).

Effects of lung volume and involuntary breathing movements on the human diving response.

Eur. J. Appl. Physiol. 77:19-24.

[2]. Kaufman, M.P., G.A. Iwamoto, J.H. Ashton and S.S. Cassidy (1982).

Responses to inflation of vagal afferents with endings in the lung of dogs.

Circ. Res. 51:525-531.

[3]. Kawakami, Y., B.H. Natelson and A.B. DuBois (1967).

Cardiovascular effects of face immersion and factors affecting diving reflex in man.

J. Appl. Physiol. 23:964-970.

[4]. Linér, M.H. (1994).

Cardiovascular and pulmonary responses to breath-hold diving in humans.

Acta Physiol. Scand. 151(Suppl 620):1-32.

[5]. Shepherd, J.T. (1981).

The lungs as receptor sites for cardiovascular regulation *Circulation* 63:1-10.

[6]. Stroud, M.A., D.P. James, D. Railton and P.J. Sowood (1994).

Digital and brachial artery blood pressure measurements during peripheral, cold-induced vasoconstriction.

Eur. J. Appl. Physiol. 68:134-138.

[7]. Örnham, H., E. Schagatay, J. Andersson, E. Bergsten, P. Gustafsson and S. Sandström (1998)

Mechanisms of "buccal pumping" and its pulmonary effects.

This volume.