

A. K. Orletskiy¹, D. O. Timtschenko²

Verwendung von Geräten für die intermittierende Vakuumtherapie zur Behandlung von Sportlern

Schlüsselwörter: intermittierende Vakuumtherapie, Geräte für den Unterdruck im Unterkörper, LBNPD, Rehabilitationsbeschleunigung, Vacumed, Vacusport.

Zusammenfassung

Die intermittierende Vakuumtherapie –IVT- wurde auf Basis des LBNPD Verfahrens von NASA (lower body negative pressure device - Gerät für Unterdrückanwendung im Unterkörper) entwickelt. Diese Art der Therapie wird zur Behandlung von Beingefäßkrankheiten, zur Beschleunigung der Rehabilitation von Sportlern, zur Ödemminderung in den unteren Extremitäten, zur Cellulite Behandlung sowie bei anderen Indikationen verwendet.

Im N. N. Priorov Zentralinstitut für Traumatologie und Orthopädie³, in der Abteilung Sport- und Ballettverletzungen wurden 30 Patienten, d. h. Hochleistungssportler nach arthroskopischen Meniskusresektionen sowie Stabilisierungsmaßnahmen an Kniegelenken vorne und hinten mittels des Geräts Vacusport nach der intermittierenden Vakuumtherapie behandelt.

Alle Patienten haben die Behandlung gut überstanden. Im Vergleich zu einer Kontrollgruppe wurden schnellere Ödemminderung, Minderung der Schmerzempfindung bei der Krankengymnastik und Beschleunigung der Resorption von Exsudaten nach Befunden der Ultraschalluntersuchungen beobachtet.

Einführung

Die intermittierende Vakuumtherapie wurde auf Basis des LBNPD Verfahrens von NASA (lower body negative pressure device - Gerät für den Unterdruck im Unterkörper) entwickelt (<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/experimentDisplay.do?id=1973-027A-51>). Nach Weltraumflügen erfolgt die Wiederherstellung der orthostatischen Toleranz bei Astronauten mit Hilfe des LBNPD Verfahrens in Kombination mit Übungen (Watenpaugh DE et al., 2007). Das LBNPD Verfahren kann auch während der Raumflüge positive Auswirkungen auf die Wiederherstellung des barorezeptorischen Reflexes und des Venentonus im Unterkörper haben (Fortney SM, 1991). In Kombination mit medikamentöser Behandlung wird das LBNPD Verfahren zur Therapie der orthostatischen Hypotension bei Astronauten verwendet (Lathers CM et al., 1994).

¹ Professor, Dr. Dr. med. Klinik für Sport- und Ballettraumas des N. N. Priorov Zentralinstituts für Traumatologie und Orthopädie

² Dr. med., Klinik für Sport- und Ballettraumas des N. N. Priorov Zentralinstituts für Traumatologie und Orthopädie

³ Föderale staatliche Institution „N. N. Priorov Zentralinstitut für Traumatologie und Orthopädie, Rosmedtechnologii“, Moskau, ul. Priorova 10

Verantwortlicher Autor: Timtschenko Dmitrij Olegovitsch, 143420, Gebiet Moskau, Bezirk Krasnogorsk, Siedlung Archangelskoje 29, Wohnung 17, Email: d.o.timchenko@mail.ru, Telefon: (7-095) 450-24-72, Fax: (7-095) 154-31-39

Aufbau des Gerätes

Das Gerät für die intermittierende Vakuumtherapie besteht aus einem zylindrischen Raum, in den der Unterkörper eines Patienten hineingesetzt wird. Der Patient liegt auf dem Rücken, seine Beine und sein Unterkörper befinden sich bis zum Darmbeinkamm im Raum. Im Bereich der Taille wird der Innenraum, in dem sich der Unterkörper des Patienten befindet, mittels einer Scheidewand abgedichtet. Eine Vakuumpumpe erzeugt Unterdruck im Raum. Das Gerät erzeugt intermittierend abwechselnd Unterdruck und Normaldruck.



Bild 1. Ansicht des Vacusport Gerätes (Foto Weyergans)

Unter der Vakuumwirkung strömt das Blut aus dem Bereich mit relativem Hochdruck (Oberkörper außerhalb des Raumes) in den Bereich des Unterdrucks (Unterkörper im Raum), und damit verbessert sich der Blutkreislauf in den unteren Extremitäten. Durch den Blutabfluss zu den unteren Extremitäten sinkt der Mittelblutdruck. Normalerweise gleicht der Körper die Blutumverteilung durch Pulssteigerung und peripherische Vasokonstriktion aus. Durch den Blutabfluss zu den unteren Extremitäten sinkt der Mittelblutdruck (*Wiederholung im Original, Bem. des Übers.*) (<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/experimentDisplay.do?id=1973-027A-51>; Esch BT et al., 2007).

Physiologische Grundlagen

Der Unterdruck im Unterkörper wird zur Modellierung der Schwerkraft und Blutung, zur Änderung der Vorspannung und Wirkung auf die Barorezeptoren, sowie zur Untersuchung von Patienten mit Herzinsuffizienz, Sportlern, Astronauten und Senioren verwendet (Esch BT et al., 2007).

Verwendung von Unterdruck im Unterkörper ermöglicht es, den venösen Reflux zu steuern und dadurch eine kontrollierte Hypovolämie zu modellieren (Nette RW et al., 2003).

Der Unterdruck im Unterkörper wird als Mittel zur Verblutungssimulation und als Modell des orthostatischen Stresses verwendet, weil mehrere Änderungen der neurovaskulären Physiologie bei aufrechter und geneigter Körperhaltung ähnlich sind. Beide entlasten zu einem gewissen Grad die kardiopulmonalen und arteriellen Barorezeptoren. Allerdings gibt es Unterschiede in lokalen Erscheinungen in Gefäßen. Bei der intermittierenden Vakuumtherapie veröden im Gegensatz zur gebeugten Körperposition viszerale Gefäße. Dabei erfolgt die Verödung der Gefäße proportional zu dem Unterdruck und wird durch die Venokonstriktion unterstützt (Taneja I et al., 2007).

Der Unterdruck im Unterkörper löst dank des Unterdrucks im Raum des Gerätes die Bewegung des zirkulierenden Blutvolumens in die unteren Extremitäten und in das Abdomen aus. Diese Blutbewegung führt zur Senkung des Blutdrucks in der Zentralvene, des Herzschlagvolumens, des Herzauswurfes und letztlich zu einer Senkung des arteriellen Blutdruckes, dem die Kompensationsmechanismen entgegenwirken müssen. Insgesamt besteht die kurzfristige Reaktion in einer Änderung des Gesamtwiderstandes der Blutbahn, des Venentonus, der Frequenz und der Weite der Herzkontraktionen (Kappel F et al., 2007; Hisdal J et al., 2001).

Das Herzkreislaufsystem reagiert mit einer Steigerung des Pulses und des peripherischen Gefäßwiderstandes auf die Minderung des Herzschlagvolumens und des Blutdrucks in der Zentralvene. Diese Reaktion schließt die Verminderung der parasympathischen Wirkung auf das Herz, die Aktivierung der sympathischen Antwort auf das Herz und die peripherischen Gefäße, eine Steigerung der Katecholaminsekretion, der Plasminogen-Aktivität und eine Minderung der Freisetzung des atrialen natriuretischen Peptids ein (Gasiorowska A et al., 2006).

Direkt proportional zum wirkenden Unterdruck im Unterkörper steigen die Mengen der deoxigenierten- und des Gesamthämoglobins in den Muskeln der unteren Extremitäten. Die Menge des oxigenierten Hämoglobins erhöht sich wesentlich bei -10 mm Quecksilbersäule, und die Kurve der Menge des oxigenierten Hämoglobins in Abhängigkeit vom wirkenden Unterdruck wird bei weiterer Drucksteigerung constant. Die erhöhte Menge des deoxigenierten- und des Gesamthämoglobins kann ein Indiz für die Blutretention im Venensystem und die Anpassung des Blutvolumens an die Druckänderung im Unterkörper sein. Andererseits spiegelt die Änderung des oxigenierten Hämoglobins die Blutsammlung im Arteriensystem durch das vom Unterdruck verursachte Zusammenwirken der mechanischen Ausdehnung und der sympathischen Vasokonstriktion wider (Hachiya T et al., 2004).

Der Unterdruck im Unterkörper führt bei gesunden Freiwilligen ab einem Unterdruck von -20 mm Quecksilbersäule zur Senkung des Blutdrucks in der Zentralvene, während höhere Werte Senkungen der Schlagvolumen- und Herz Indizes verursachen (Nette RW et al., 2003).

Im Allgemeinen wird angenommen, dass der Unterdruck im Unterkörper bis zum Wert von -20 mm Quecksilbersäule keine Änderung des Mittelblutdrucks verursacht (Hisdal J et al., 2001). Der arterielle Blutdruck bleibt üblicherweise auf Grund der Steigerung des gesamten peripheren Widerstandes und des Pulses unverändert, es kann sich jedoch bei Unterdruck von -40 mm Quecksilbersäule und weniger eine Hypotension entwickeln. Bei gesunden Freiwilligen steigt das Hypotensionsrisiko bei der Hypovolämie (Nette RW et al., 2003). Nach anderen Angaben sinkt der systolische Blutdruck bei Unterdruck von -50 mm Quecksilbersäule mäßig, obwohl der Mittelblutdruck und der diastolische Blutdruck bei unterschiedlichen Werten des Unterdrucks im Unterkörper auf einem bestimmten Niveau bleiben (Hachiya T et al., 2004).

Bei gesunden Freiwilligen erfolgt die Pulssteigerung bei Verwendung von Unterdruck innerhalb von 5 Minuten bei -50 mm Quecksilbersäule und im Modell der orthostatischen Instabilität schon bei einem Unterdruck von -30 mm Quecksilbersäule (Lathers CM et al., 1994).

Bei Untersuchung der Toleranz für Unterdruck im Unterkörper wurde festgestellt, dass jüngere und sportliche Männer und Frauen einen eher adäquaten Venentonus haben und dass jedoch die Verträglichkeit des max. Unterdrucks im Unterkörper nicht davon abhängt (Hernandez JP et al., 2004).

Obwohl in der adrenergischen Antwort Geschlechtsunterschiede existieren, welche eine Rolle bzgl. der Toleranz gegenüber der intermittierenden Vakuumtherapie spielen können, und es wird angenommen, dass Frauen eine kleinere orthostatische Toleranz haben, wurden bei den Untersuchungen bei Änderungen des Blutdrucks in der Zentralvene oder der Herzkreislauf- und Barorezeptorenreaktion keine Unterschiede zwischen Männern und Frauen festgestellt (Franke WD et al., 2003).

Bei physiologischen Untersuchungen wurde festgestellt, dass sich bei Patienten mit Diabetes Typ 2 die symptomatische Disfunktion zeigt, jedoch mit zerebraler Selbstregulierung, was sich bei der intermittierenden Vakuumtherapie durch eine Senkung des arteriellen Blutdrucks und der Geschwindigkeit der Gehirndurchblutung mit begleitender Pulssteigerung zeigt, obwohl Transportfunktion und Phasenverschiebung stabil bleiben (Marthol H et al., 2007).

Die Körperkondition wirkt in zwei Weisen auf die orthostatische Toleranz. Die orthostatische Toleranz ist die Fähigkeit, die Gehirndurchströmung bei einer Änderung der Körperposition beizubehalten. Es wird angenommen, dass die Mechanismen zum Beibehalten der Gehirndurchströmung von Alter und Körperkondition abhängig sind (Hernandez JP et al., 2005).

Es ist bekannt, dass intensive Übungen wie auch Bettlage die orthostatische Toleranz stören. Sportler mit hoher Ausdauerfähigkeit neigen zu einer kleinen orthostatischen Toleranz. Bei der Modellierung der Orthostase im Labor haben Sportler mit hoher Ausdauerfähigkeit bei der intermittierenden Vakuumtherapie eine stärker ausgeprägte Minderung des Herzschlagvolumens als nicht trainierte Personen. Intensive Ausdauerübungen können die orthostatische Toleranz durch die Remodellierung des Myokards und eine steilere Volumen-Druck Kurve mindern. Dies führt zu einer übermäßigen Minderung des Herzschlagvolumens bei aufrechter Körperhaltung. Zu anderen Mechanismen, die bei oft vorkommender orthostatischer Intoleranz der Sportler mitwirken, gehören die erhöhte Empfindlichkeit der Halsschlagader-Barorezeptoren und die reduzierte Reaktivität der Gefäße auf die sympathische Stimulation sowie eine Änderung des Venentonus in den unteren Extremitäten.

Der letzte Faktor ist am wenigsten signifikant. Es wurde auch gezeigt, dass durchtrainierte Personen bei einem orthostatischen Test in geneigter Körperhaltung eine höhere Filtration der Wadenkapillaren haben. Dieser Mechanismus kann auch bei Intoleranz gegenüber Schweregewichtsreizen eine Rolle spielen. Andererseits gibt es Angaben, dass aerobe Belastungen nicht mit der orthostatischen Intoleranz verbunden sind, und dass Langstreckenläufer eine höhere orthostatische Toleranz als untrainierte Personen haben. Im Allgemeinen stören mäßige Übungen die orthostatische Toleranz bei den meisten gesunden Menschen nicht, und bei einigen Personen erhöhen sie eine niedrige Toleranz (Gasiorowska A et al., 2006; Nazar K et al., 2006).

Da festgestellt wurde, dass der venöse Rückfluss in die unteren Extremitäten bei einem Unterdruck im Unterkörper größere Bedeutung als bei einem Rückfluss in das Abdomen hat, wird angenommen, dass bei Personen mit höherer Nachgiebigkeit der Venen in den unteren Extremitäten der Unterdruck im Unterkörper zu einem höheren Blutabfluss und folglich zu einer kleineren Toleranz gegenüber der intermittierenden Vakuumtherapie führt.

Es sind die Muskeln und nicht das Fett oder die Knochen, die eine Blutdeponierung in den unteren Extremitäten verhindern. Deswegen erhöht sich bei Verlust von Muskelmasse in den unteren Extremitäten (z. B. bei Bettruhe) die Nachgiebigkeit der Venen in den unteren Extremitäten. Folglich dürften die Kraftübungen die Toleranz gegenüber der intermittierenden Vakuumtherapie erhöhen (Lawler LA et al., 1998).

Es ist bekannt, dass mit der Alterung die Neigung zur orthostatischen Hypotension steigt, was das Risiko von Stürzen bei Personen erhöhen kann. Bei einer Daueruntersuchung wurde festgestellt, dass ein sechsmonatiges Ausdauertrainingsprogramm bei Senioren den Venentonus erhöht und die Toleranz gegenüber der intermittierenden Vakuumtherapie nicht mindert (Hernandez JP et al., 2005).

Jedoch wurde bei einer anderen Daueruntersuchung festgestellt, dass weder das Alter noch die Kondition eine Wirkung auf die mit dem Unterdruck im Unterkörper modellierte Toleranz zum orthostatischen Stress haben. Obwohl je nach Alter und Kondition Unterschiede bei den Antworten auf den submaximalen orthostatischen Stress beobachtet werden, sind diese Unterschiede nicht mit den Toleranzunterschieden korreliert (Hernandez JP et al., 2005).



Bild. 2. Das Gerät für die intermittierende Vakuumtherapie (Vacumed) im Betrieb (Foto Weyergans)

Die Toleranz zur intermittierenden Vakuumtherapie steigt nach wiederholten Behandlungen, was durch die Steigerung der Kontraktionsfähigkeit der Herzkammer, die Minderung der Nachgiebigkeit der peripherischen Gefäße, die Anpassung der Reflexmechanismen zur Hypotensionkorrektur und die Blutdruckzunahme erreicht wird (Yang CB et al., 2000).

Die Mehrheit der Untersuchungen von physiologischen Effekten der intermittierenden Vakuumtherapie basiert auf Reaktionen auf stabilen Unterdruck im Unterkörper. Bei Einstellung des Unterdrucks im Unterkörper und der Rückkehr zum Normaldruck können Übergangseffekte beobachtet werden, wie die Senkung des Mittelblutdrucks bei der Beaufschlagung mit Unterdruck (Hisdal J et al., 2002).

Bei schnellem Erreichen eines Unterdrucks von -20 mm Quecksilbersäule und schneller Wiederherstellung des Normaldrucks werden Änderungen des Pulses, des Mittelblutdrucks und des Herzschlagvolumens beobachtet. Dabei ist die Antwort des Herz-Kreislaufsystems asymmetrisch, besonders beim Herzschlagvolumen. Bei Beaufschlagung mit Unterdruck sinkt das Herzschlagvolumen langsam innerhalb von 50 sec und die Wiederherstellung des Normaldrucks führt zu einer schnellen, innerhalb von weniger als 10 sec, Rückkehr des Herzschlagvolumens zum ursprünglichen Niveau. Die neurale Antwort, die den Gesamtgefäßwiderstand bewirkt, ist nicht ausreichend schnell zum Ausgleich einer schnellen Änderung des Unterdrucks im Unterkörper. Die Ursache der Änderung des Mittelblutdrucks ist, dass neben den Niederdruckbarorezeptoren, auch die arteriellen Barorezeptoren aktiviert werden, welche bei einem schnellem Erreichen und Verwerfen von kleinem Unterdruck im Unterkörper auf den Mittelblutdruck reagieren (Hisdal J et al., 2001).

Änderungen der hämodynamischen Werte auf Niveau des Makroorganismus müssen durch Perfusionsänderungen auf dem Gewebe-Niveau begleitet werden. So haben die Wissenschaftler von NASA und DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt) festgestellt, dass die Verwendung der Behandlungsgeräte für die intermittierende Vakuumtherapie (Vacumed und Vacusport der Firma Weyergans High Care AG) zu einer drastischen Kapillarendilatation und Kapillarisation einhergehend mit einer Steigerung der Mikro- und Makroperfusion in den unteren Extremitäten führt (Lathers CM et al., 1994).

Solche Geräte nennt man „äußeres Herz für den Unterkörper“. Im Unterschied zu den in der Raumluftmedizin verwendeten Geräten arbeiten die Vacustyler, Vacumed und Vacusport mit intermittierendem Unterdruck und festgelegten Intervallen. Der Wechsel von Unter- und Normaldruck fördert die Kapillarisation und Kapillarendilatation und erhöht den Fluss des oxigenierten Blutes in den unteren Extremitäten. In der Normaldruckphase bewegen sich venöses Blut und Lymphe in die großen Gefäße (Steigerung des Rückflusses). Die Beschleunigung der Mikroperfusion und die Lymphdrainage führen zur pH Steigerung. Dies kann für die Stärkung des Bindegewebes (Steigerung der Kollagensynthese) und bei einer Behandlung von Cellulite, welche nach aktueller Forschungsmeinung mit der Lymphdrainagenstörung verbunden ist, verwendet werden. Da verschiedene Behandlungsmethoden bei der intermittierenden Vakuumtherapie unterschiedliche Reflexe fördern und zum Auslösen verschiedener spezifischer Antworten eingesetzt werden können (Goswami N et al., 2008), wird die Verlängerung der Unterdruckphasen zum Stimulieren der arteriellen Perfusion und die Verlängerung der Normaldruckphasen zur Steigerung des Rückflusses des venösen Blutes und der Lymphe verwendet (<http://www.vtstyler.co.uk/Vacustyler2.htm>).

Wirkungen bei einer Pathologie

Ähnlich wie bei Astronauten nach einer Raumfahrt werden die Geräte für die intermittierende Vakuumtherapie erfolgreich gegen orthostatische Instabilität bei bettlägerigen Patienten eingesetzt (Lathers CM et al., 1993).

Angiologische Untersuchungen haben bei Patienten mit chronischen Arterienkrankheiten nach der intermittierenden Unterdrucktherapie eine Besserung der Pulswelle in den Fußzehen und eine Steigerung des durch die Haut gemessenen Sauerstoffpartialdrucks belegt (Straminski et al., 2001; Strauss, 2001).

Es wurde bei Patienten mit Arterienverschlusskrankheiten des Stadiums 3 und 4 nach Fontaine eine Untersuchung der Wirksamkeit der Behandlung mit Vacumed durchgeführt. Die Wirksamkeit der Behandlung wurde durch die Messung der Pulswelle in den Fußzehen mit LLR Periquant 815 (Gutmann) und die Sauerstoffdruckmessung durch die Haut (Radiometer GmbH) bewertet. Die Therapie umfasste 6 Behandlung von je 20 Minuten Dauer mit intermittierendem Unterdruck von -50 mm Quecksilbersäule. Es wurde eine wesentliche Steigerung der Pulswelle und des Sauerstoffpartialdrucks in den Fußzehen direkt nach den Unterdruckbehandlungen belegt (Strauss, 2001).

Straminski et al. (2001) haben die Wirksamkeit der intermittierenden Vakuumtherapie mit Vacumed bei 10 Patienten mit Arterienverschlusskrankheit des Stadiums 2 in den unteren Extremitäten und mit klinisch diagnostizierter Störung der peripherischen Mikrozirkulation in den Füßen untersucht. Die Therapie umfasste 6 Behandlung mit je 20 Minuten Dauer mit einem Unterdruck von -40 bis -50 mm Quecksilbersäule mit Pausen von zwei bis vier Tagen. Die Messung der Pulswelle und des Sauerstoffpartialdrucks in den Fußzehen erfolgte unmittelbar vor der Behandlung, während der Behandlung und 30 Minuten nach der Behandlung. Der Sauerstoffpartialdruck war während der Behandlung um 14 % erhöht und 30 Minuten nach der Behandlung um 8 % höher als vor der Behandlung. Eine Steigerung der peripherischen Pulsation wurde während der Behandlung beobachtet. Sieben von zehn Patienten meldeten eine subjektive Besserung und eine Verminderung der Beschwerden.

Eine ähnliche Untersuchung mit dem Vacustyler wurde bei Patienten mit Störungen der venösen und arteriellen Durchblutung durchgeführt. Die Angaben von 23 Patienten mit Störungen der venösen und arteriellen Durchblutung (Atherosklerose, Verschluss der Oberschenkel-, Kniegelenk-, Schienbeinsschlagader, Hüftschlagaderverengung, Koronarinsuffizienz, arterielle Hypertension, Diabetes, Fußgangrän, Zehenbrand, kritische Ischämie der unteren Extremitäten, trophisches Geschwür der Zehen, Aneurisma der Bauchorta, Amputation einer der unteren Extremitäten)

ten) wurden erfasst. Drei Patienten empfanden starke Schmerzen beim Laufen. Die Patienten wurden bei begleitender medikamentöser Behandlung 5 Tage je 2 Sitzungen und weitere 10 Tage je 1 Sitzung mit der intermittierenden Vakuumtherapie mittels Vacustyler behandelt. Üblicherweise dauerten die ersten 2 Behandlungen je 20 Minuten bei einem Unterdruck von -25 mm Quecksilbersäule, dann betrug die Behandlungsdauer 35 Minuten und der Unterdruck -30 mm Quecksilbersäule. Alle Patienten haben die Behandlungen gut überstanden, sie meldeten eine Schmerzminderung und konnten ohne Schwierigkeiten laufen (Solveiga A., 2003).

Zur Bewertung der klinischen Wirksamkeit der intermittierenden Vakuumtherapie hat Dr. Schink (2005) eine Untersuchung bei Patienten mit stabilen chronischen Arterienkrankheiten des Stadiums 2 durchgeführt. Die Untersuchung hatte das Ziel, bei einer chronischen Arterienkrankheit des Stadiums 2 die Wirkung der intermittierenden Vakuumtherapie auf die Laufdistanz zu bewerten. Die Kontrollgruppe bestand aus Patienten mit chronischer Arterienkrankheit des Stadiums 2, die mit speziellen Übungen behandelt wurden.

Die Wirkung der speziellen Übungen bei chronischen Arterienkrankheiten wurde in vorigen Untersuchungen geprüft; Dabei haben die Patienten nach 6 Monaten der Behandlung eine Steigerung der Distanz des schmerzfreien Laufens von um bis zu 150 % erreicht (Gardner AW et al., 1995; Degischer S et al., 2002; Diehm et al., 2003). Dr. Schink et al. (2003) haben bei der Untersuchung von 45 Patienten festgestellt, dass durch die Laufübungen und Gymnastik innerhalb von 3 Wochen eine durchschnittliche Besserung um 40 % erreicht wird.

Die untersuchte Gruppe bestand aus 23 Patienten im Alter von 61 - 82 Jahren (durchschnittlich 75 Jahre) mit einer Krankheitsgeschichte von 2 - 20 Jahren. Nach einer klinischen Untersuchung wurden die untersuchten Patienten mindestens 10 Behandlungen (2 - 3 Behandlungen pro Woche) der Vakuumtherapie unterzogen. Jede Behandlung dauerte 20 Minuten: abwechselnd 5 sec. -50 mbar und 10 sec. Normaldruck.

Die Patienten haben auch unmittelbar nach der Behandlung innerhalb von 30 Minuten die üblichen Übungen vollführt. Nach 10 Behandlungen wurde eine weitere klinische Untersuchung und die Befragung durchgeführt. Alle Patienten haben die Therapie gut überstanden und alle haben die Behandlungen als „angenehm“ beschrieben. 4 Patienten haben keine Änderung der Distanz des schmerzfreien Laufens bemerkt, und 19 Patienten haben eine Steigerung der Distanz bemerkt. Die durchschnittliche Steigerung der Distanz des schmerzfreien Laufens betrug 72 % (30-130 %). 23 Patienten haben durchschnittlich 14 (10-30) Behandlungen innerhalb von durchschnittlich 5 (3-12) Wochen bekommen (Schink, 2005). Allerdings sind weitere Untersuchungen erforderlich, um die Wirksamkeit der Behandlung zu beweisen (Schink, 2005; Diehm et al., 2003).

Im Institut Euromedicine Biophyderm (Montpellier, France) wurde eine klinische Untersuchung bei 18 Frauen im Alter von 18 bis 55 Jahre, die Cellulite Probleme haben, durchgeführt. Jede Patientin hat insgesamt 15 Behandlungen mit Vacustyler mit einer Dauer von jeweils 30 Minuten bei 2 Behandlungen wöchentlich bekommen. Neben positiven subjektiven Ergebnissen (Rückgang des venösen Netzes, Minderung der Orangenhaut, der Hauttrockenheit, Verbesserung des Hauttonus, Stärkung der Epidermis) wurde eine wesentliche, gleichmäßige Reduzierung des Oberschenkelumfanges um einige Zentimeter festgestellt. Alle Patienten haben die Therapie gut überstanden (Agopian-Simoneau L, 2003).

Es gibt auch Untersuchungen der klinischen Verwendung der intermittierenden Vakuumtherapie bei chronischer Herzinsuffizienz (Wolthuis RA et a., 1974).

Wirkungen bei Sportlern

Die Wirkung der Handmassage bzw. Lymphdrainage bei der Rehabilitation von Sportlern ist gut bekannt. Dabei wird der venöse Rückfluss stimuliert und die Zirkulation des arteriellen und venösen Blutes beschleunigt, was zu einer Steigerung des venösen Rückflusses und des Herzauswurfes führt. Zusätzlich reduziert sich der Muskeltonus und die Konzentration von Endorphinen im Gehirn steigt.

Es wurde auch eine Untersuchung der Wirksamkeit der intermittierenden Unterdrucktherapie bei der Rehabilitation von 50 Profisportlern (Kanusportler, Schwimmer, Ruderer, Fußballspieler, Tennisspieler und Leichtathleten) durchgeführt. Innerhalb von 12 Wochen haben die Sportler nach ihren spezifischen Programmen trainiert. Eine Hälfte der Sportler bekam mittels Vacumed alle 2 Tage eine Behandlung mit dem intermittierenden Unterdruck von 30 Minuten Dauer (-40 bis -50 mbar, Dauer der Normaldruck-/Unterdruckphasen: 7/5 sec). Parallel dazu haben alle Sportler durch ihre Trainer entwickelte Rehaprogramme gehabt. Allen Sportlern wurde zweimal pro Woche vor und nach dem Training eine Blutprobe entnommen. Am Anfang und am Ende der Untersuchung wurde bei allen Sportlern ein umfangreicher Belastungstest durchgeführt. Vor jedem Training erfolgte eine Befragung aller Sportler.

Es wurden insgesamt 1.200 Blutuntersuchungen gemacht, die im Vergleich mit der Kontrollgruppe (1,59 mmol/L) bei der untersuchten Gruppe eine kleinere Laktatkonzentration in der Ruhephase vor dem Training (1,48 mmol/L) belegten. Bei den untersuchten Sportlern wurde eine kleinere Konzentration des Harnstoffs und der Harnsäure (40 und 3,9 mg/dL gegenüber 43 und 4,85 mg/dL bei der Kontrollgruppe), sowie eine Senkung der Creatin-Kinase (262 U/l gegenüber 284 U/l) festgestellt. Nach den Umfrageergebnissen waren die mit der intermittierenden Unterdrucktherapie behandelten Sportler im Vergleich mit der Kontrollgruppe bei den Übungen motivierter, hatten einen besseren Muskeltonus und eine insgesamt bessere Rehabilitation (Alf DF, 2007).

Klinische Erfahrung des Zentralinstituts für Traumatologie und Orthopädie

In der Abteilung der Sport- und Ballettverletzungen des N. N. Priorov Zentralinstituts für Traumatologie und Orthopädie wurden 30 Patienten, d. h. Hochleistungssportler nach arthroskopischen Meniskusresektionen sowie Stabilisierungsangriffen an Kniegelenken vorne und hinten mittels des Geräts Vacusport nach der intermittierenden Vakuumtherapie behandelt. Zum Vergleich wurden 30 ähnliche Patienten ausgesucht, welche die übliche Behandlung bekommen haben. Die Behandlung mit der intermittierenden Unterdrucktherapie begann frühestens 7 Tage nach der OP und nach Entfernung der Fäden.

Als Indikationen galten: ein Ödem nach der Operation, Schmerzen und Flüssigkeit im Kniegelenk. Als Kontraindikationen galten: Infektionskrankheiten, chronische Krankheiten in der Exazerbationsphase, Gefäßthrombose der unteren Extremitäten. Zum Vermeiden von thromboembolischen Komplikationen wurden bei allen Patienten die Gefäße der unteren Extremitäten vor der Behandlung zwingend mit Ultraschall Dopplereographie untersucht. Der vorhandene Vacusport ermöglichte es, die Unterdruckintervalle von 6 bis zu 12 Sekunden mit Normaldruckpausen von 5 bis zu 10 Sekunden bei einem Unterdruck von -30 bis zu -60 mbar, einstellbar in 5 mbar Stufen, nach den gespeicherten Programmen zu erzeugen.

Die intermittierende Vakuumtherapie wurde täglich in mindestens 10 Behandlungen je 30 Minuten nach einer der folgenden Schemen verwendet:

- 1.- 6. Minute: 35 mbar / 8 sec Unterdruck / 10 sec Pause
- 7.-12. Minute: 45 mbar / 10 sec Unterdruck / 8 sec Pause
- 13.-18. Minute: 55 mbar / 8 sec Unterdruck / 10 sec Pause

- 19. -24. Minute: 60 mbar / 10 sec Unterdruck / 8 sec Pause
- 25. -30. Minute: 50 mbar / 8 sec Unterdruck / 8 sec Pause



Bild 3. Steuerepult des Geräts für die intermittierende Vakuumtherapie.

Alle Patienten haben die Behandlungen gut überstanden und ab der 3. Behandlung angenehme Empfindungen in den Beinen bemerkt. Im Vergleich zur Kontrollgruppe, die die Anwendungen nicht erhalten haben, zeigte sich eine signifikant schnellere Reduktion der Ödeme im Bereich von zwei bis sechs Tagen (Duchschnitt 3,5). Die Patienten berichteten über deutliche weniger Schmerzen in der begleitenden Physiotherapie. Bei den zur Kontrolle durchgeführten Ultraschalluntersuchungen der operierten Kniegelenke der untersuchten Patienten wurde die Beschleunigung des Rückganges der Exsudation festgestellt.

Als Begründung dieser Therapieart sehen wir eine starke physiologische Wirkung der intermittierenden Vakuumbehandlung auf den Abtransport lymphpflichtiger Lasten und auf den venösen Rückfluss. Die Ödemrückbildung wird beschleunigt und Schmerzen gemindert. Insbesondere bei Sportlern, die zu einer orthostatischen Intoleranz neigen, wird durch die Reduktion der Resorption von Exsudaten im Kniegelenk vermieden.

Fazit

Die Geräte zur Unterdrucktherapie der unteren Extremitäten sind ein effizientes Mittel zur Steuerung der Durchblutung in den unteren Extremitäten. Die für Astronauten entwickelte Technologie hat eine ausgeprägte positive Wirkung auf die adaptive Durchblutung, die sich bei der Schwerelosigkeit bildet. Auf Grund dieser Methodik wurden die Modelle der Umverteilung der Durchblutung im Körper entwickelt, parallel mehrere physiologische lokale und Systemwirkungen des Unterdrucks im Unterkörper analysiert und unerwünschte Phänomene, Kontraindikationen und Verträglichkeitsgrenzen festgestellt. Bis jetzt wurden keine Nebenwirkungen festgestellt. Die Geräte für die intermittierende Vakuumtherapie haben breite Modulationsmöglichkeiten. Allerdings wird die intermittierende Vakuumtherapie wegen der fehlenden umfassenden klinischen Untersuchungen der Therapiewirksamkeit nur langsam in Kliniken eingesetzt.

Es fehlen auch vollwertige Untersuchungen der Wirksamkeit der intermittierenden Vakuumtherapie in der Sportmedizin hinsichtlich der Leistung und Rehabilitation von Sportlern. Es besteht großes Potential zur Modifizierung der durch die Hersteller empfohlenen Therapieprogramme.

Da bis jetzt, nach 40 Jahren der Geschichte der Geräte für Unterdrucktherapie in den unteren Extremitäten, keine Nebenwirkungen festgestellt wurden, verletzt die Verwendung der Geräte für intermittierende Unterdrucktherapie nicht das Hauptprinzip der Medizin, „bring keinen Schaden“; Und da die intermittierende Unterdrucktherapie sehr starke und schon gut untersuchte physiologische Wirkungen hat, dürfte ihre kontrollierte Verwendung in Kliniken deutliche positive klinische Ergebnisse bringen. Deswegen halten die Autoren es für begründet, eine breite Verwendung der intermittierenden Unterdrucktherapie bei verschiedenen Pathologien und bei Sportlern in unterschiedlichen Kombinationen mit anderen Behandlungsarten zu fördern, sowie eine weitere Untersuchung ihrer Wirksamkeit und Entwicklung der Behandlungsprogramme durchzuführen.

A. K. Orletskiy
D. O. Timtschenko

Bibliographie

1. Agopian-Simoneau L Negative pressure treatment medico-scientifically tested //Euromedicine Biophyderm. Montpellier, France – 2003. Private communication.
2. Alf DF Observation of the regeneration of top athletes when using Vacusport LBNPD (lower body negative pressure device) // Institute of sports medicine, Olympic Base Rhein-Ruhr. – 2007. Private communication.
3. Degischer S, Labs KH, Hochstrasser J, Aschwanden M, Tschoepl M, Jaeger KA Physical training for intermittent claudication: a comparison of structured rehabilitation versus home-based training // Vasc Med. – 2002. – V. 7, N 2. – p. 109-15.
4. Diehm et al. Komplementare Medizin in der Angiologie // Cardiovasc. – 2003. – N 2. – p. 52-56.
5. Esch BT, Scott JM, Warburton DE. Construction of a lower body negative pressure chamber // Adv Physiol Educ. – 2007. – V. 31, N. 1. – p. 76-81.
6. Fortney SM. Development of lower body negative pressure as a countermeasure for orthostatic intolerance // J Clin Pharmacol. – 1991. – V. 31, N. 10. – p. 888-92.
7. Franke WD, Johnson CP, Steinkamp JA, Wang R, Halliwill JR. Cardiovascular and autonomic responses to lower body negative pressure: do not explain gender differences in orthostatic tolerance // Clin Auton Res. – 2003. – V. 13, N. 1. – p. 36-44.
8. Gardner AW, Poehlman ET Exercise rehabilitation programs for the treatment of claudication pain. A meta-analysis // JAMA. – 1995. – V. 274, N 12. – p. 975-80.
9. Gasiorowska A, Mikulski T, Smorawiński J, Kaciuba-Uściłko H, Cybulski G, Ziemia AW, Krzemiński K, Niewiadomski W, Nazar K. Cardiovascular and neurohormonal responses to lower body negative pressure (LBNP): effect of training and 3 day bed rest // J Physiol Pharmacol. – 2006. – V. 57, N. 10. – p. 85-100.
10. Goswami N, Loeppky JA, Hinghofer-Szalkay H. LBNP: past protocols and technical considerations for experimental design // Aviat Space Environ Med. – 2008. – V. 79, N. 5. – p. 459-71.
11. Hachiya T, Blaber AP, Saito M. Changes in superficial blood distribution in thigh muscle during LBNP assessed by NIRS // Aviat Space Environ Med. – 2004. – V. 75, N. 2. – p. 118-22.

12. Hernandez JP, Franke WD. Age- and fitness-related differences in limb venous compliance do not affect tolerance to maximal lower body negative pressure in men and women // *J Appl Physiol.* – 2004. – V. 97, N. 3. – p. 925-9.
13. Hernandez JP, Franke WD. Effects of a 6-mo endurance-training program on venous compliance and maximal lower body negative pressure in older men and women // *J Appl Physiol.* – 2005. – V. 99, N. 3. – p. 1070-7.
14. Hernandez JP, Karandikar A, Franke WD. Effects of age and fitness on tolerance to lower body negative pressure // *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* – 2005. – V. 60, N. 6. – p. 782-6.
15. Hisdal J, Toska K, Flatebo T, Walloe L Onset of mild lower body negative pressure induces transient change in mean arterial pressure in humans // *Eur J Appl Physiol.* –2002. – V. 87. – p. 251–256.
16. Hisdal J, Toska K, Walløe L. Beat-to-beat cardiovascular responses to rapid, lowlevel LBNP in humans // *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* – 2001. – V. 281, N. 1. – p. R213-21.
17. Kappel F, Fink M, Batzel JJ. Aspects of control of the cardiovascular-respiratory system during orthostatic stress induced by lower body negative pressure // *Math Biosci.* – 2007. – V. 206, N. 2. – p. 273-308.
18. Lathers CM, Charles JB, Schneider VS, Frey MA, Fortney S. Use of lower body negative pressure to assess changes in heart rate response to orthostatic-like stress during 17 weeks of bed rest // *J Clin Pharmacol.* – 1994. – V. 34, N. 6. – p. 563-70.
19. Lathers CM, Charles JB. Orthostatic hypotension in patients, bed rest subjects, and astronauts // *J Clin Pharmacol.* – 1994. – V. 34, N. 5. – p. 403-17.
20. Lathers CM, Charles JB. Use of lower body negative pressure to counter symptoms of orthostatic intolerance in patients, bed rest subjects, and astronauts // *J Clin Pharmacol.* – 1993. – V. 33, N. 11. – p. 1071-85.
21. Lawler LA, Halliwill JR, Summer JM, Joyner MJ, Mulvagh ShL. Leg mass and lower body negative pressure tolerance in men and women // *J Appl Physiol.* – 1998. – V. 85. – p. 1471-1475
22. Lower body negative pressure [Electronic resource] NSSDC ID: 1973-027A-51 Mission Name: Skylab Principal Investigator: Dr. Richard L. Johnson / NASA – NSSDC – Experiment – Details. – NASA Official: Dr. Ed Grayzeck, Curator: E. Bell, II, Version 4.0.8, 05 August 2008. – Zugang: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/experimentDisplay.do?id=1973-027A-51> – frei
23. Marthol H, Zikeli U, Brown CM, Tutaj M, Hilz MJ. Cardiovascular and cerebrovascular responses to lower body negative pressure in type 2 diabetic patients // *J Neurol Sci.* – 2007. – V. 252, N. 2. – p. 99-105.
24. Nazar K.,Gasiorowska A, Mikulski T, Cybulski G, Niewiadomski W, Smorawiński J, Krzemiński K, Ziemia AW, Dorsz A, Kaciuba-Uscilko H. Effect Of 6-Week Endurance Training On Hemodynamic And Neurohormonal Responses To Lower Body NegativePressure (LBNP) In Healthy Young Men // *Journal Of Physiology And Pharmacology.* – 2006. V. 57, N. 2. – p. 177-188.
25. Nette RW, Krepel HP, Dorpel MA, Meiracker AH, Paldermans D, Boomsma F, Weimar W, Zietse R Hemodynamic response to Lower Body Negative Pressure in Hemodialysis Patiens // *American Journal of Kidney Diseases.* – 2003. – V. 41, N 4. – p. 807-813

26. Schink Prospective study of clinical effectiveness of intermittent low pressure treatment in patient with chronic arterial disease (CAD) in the lower limbs grade 2 // Klinik Fallinbostel. – 2005. Private communication.
27. Solveiga A Investigation of Vacustyler using for patients with venous and arterial blood circulation disturbance // SIA “Stella-A.B.” Latvia. – 2003. Private communication.
28. Straminski Result of clinical examination // Praxis Koln. – 2001. Private communication.
29. Strauss Result of clinical examination // Dominikus-Krankenhaus, Dusseldorf-Heerd. – 2001. Private communication.
30. Taneja I, Moran C, Medow MS, Glover JL, Montgomery LD, Stewart JM. Differential effects of lower body negative pressure and upright tilt on splanchnic blood volume // *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* – 2007. – V. 292, N. 3. – p. 1420-6.
31. VacuStyler [Electronic resource] // VT STYLER London HIGH CARE by Weyergans – 2002-2003. – Zugang: <http://www.vtstyler.co.uk/Vacustyler2.htm> – frei
32. Watenpaugh DE, O'Leary DD, Schneider SM, Lee SM, Macias BR, Tanaka K, Hughson RL, Hargens AR. Lower body negative pressure exercise plus brief postexercise lower body negative pressure improve post-bed rest orthostatic tolerance // *J Appl Physiol.* – 2007. – V. 103, N. 6. – p. 1964-72.
33. Wolthuis RA, Bergman SA, Nicogossian AE Physiological effects of locally applied reduced pressure in man // *Physiological reviews.* – 1974. V. 54, N. 3. – p. 566-591.
34. Yang CB, Yao YJ, Wei YB, Wu YH, Sun XQ, Wu XY. Effects of repeated low body negative pressure (LBNP) exposures on LBNP tolerance // *Space Med Med Eng (Beijing).* – 2000. – V. 13, N. 1. – p. 10-3.____